

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

**ЕФЕКТИВНІСТЬ АСИМЕТРИЧНИХ
КОНЦЕНТРАТОРІВ ПРОМЕНЕВОЇ ЕНЕРГІЇ У СОНЯЧНІЙ
ЕНЕРГОУСТАНОВЦІ АУТОНОМНОГО БУДИНКУ**

Виконав студент IV курсу, групи ЕТс-41
спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Кричка В. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Мовчан Л.Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Вакуленко О.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Тарасенко М.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс–41. - Т. : ТНТУ, 2021.

Стор. 69; рис. 24; табл. 8; креслень (презентацій) ____; джерел 14.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на підставі завдання на тему: «Ефективність асиметричних концентраторів променевої енергії у сонячній енергоустановці автономного будинку».

Метою роботи є розробка системи енергопостачання автономного будинку на основі сонячної енергоустановки із асиметричними концентраторами променевої енергії.

Проведено аналіз роботи сонячних модулів із концентраторами. Запропоновано конструкцію сонячного модуля з асиметричним параболоциліндричним концентратором. Проведено аналіз і розрахунок річного енергоспоживання типового для України автономного сільського будинку. Встановлено ефективність використання концентраторів променевої енергії для енергопостачання будинку.

Ключові слова: ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ, СОНЯЧНИЙ МОДУЛЬ, КОНЦЕНТРАТОР ПРОМЕНЕВОЇ ЕНЕРГІЇ.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Кричка В. М				РЕФЕРАТ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Мовчан Л.Т.						6	
Консульт.	Мовчан Л.Т.					гр.ЕТс-41, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.	Вакуленко О.О.							
Зав каф.	Тарасенко М.Г.							

ЗМІСТ

ВСТУП

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Сонячні елементи та модулі.....	8
1.2 Параметри сонячного модуля з концентратором	12
1.3 Висновки до розділ	15
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	16
2.1 Параметри сонячного модуля з концентраторами	16
2.2 Розробка конструкцій сонячних модулів з асиметричними параболо-циліндричними концентраторами	22
2.2.1 Сонячний модуль з трансформуючим концентратором.....	22
2.2.2 Варіанти конструкцій сонячний модулів з концентратором.....	27
2.2.3 Сонячний модуль з концентраторами у вигляді варіантів об'ємних конструкцій	31
2.4 Висновки до розділу	35
3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ.....	36
3.1 Основні принципи проектування автономного енергоефективного будинку	36
3.2 Постановка завдань на початковому етапі проектування автономного енергоефективного будинку	38
3.3 Методика оцінки енергетичного впливу поновлюваних джерел енергії на тепловий баланс будинку	39

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Кричка В. М			ЗМІСТ	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Мовчан Л. Т.					4	
Консульт.		Мовчан Л. Т.				гр.ЕТс-41, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.		Вакуленко О. О.						
Зав. каф.		Тарасенко М. Г.						

3.4	Визначення оптимальних меж впливу зовнішнього клімату в тепловому балансі будинку	41
3.5	Енергоефективний автономний сільський будинок.....	44
3.6	Оцінка енергоспоживання типового автономного сільського будинку в умовах України.....	46
3.6.1	Теплові навантаження і розрахункове теплоспоживання	46
3.6.1.1	Розрахунок теплового навантаження на опалення.....	46
3.6.1.2	Розрахунок теплового навантаження на гаряче водопостачання	49
3.6.1.3	Розрахунок коефіцієнта заміщення.....	51
3.6.2	Основні категорії систем енергопостачання автономних споживачів на основі поновлюваних джерел енергії	53
3.6.3	Електричні навантаження і розрахункове електроспоживання.....	54
3.7	Висновки до розділу.....	60
4	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	62
4.1	Основні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації технологічного обладнання.....	62
4.2	Фізичні основи електробезпеки.....	63
4.3	Причини електротравм, напруга кроку.....	65
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	67
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68

ВСТУП

Актуальність теми. З досвіду проектування енергоустановок на основі відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) в сучасних українських умовах можна зробити висновок, що однією з основних цілей є реалізація завдань, спрямованих як на підвищення конкурентоспроможності даних енергоустановок, так і на створення технологій використання ВДЕ і їх поєднань, в тому числі і з традиційними видами палива, застосування яких найбільш доцільно в умовах регіону з екологічної, економічної та соціальної точок зору.

Використання сонячних елементів (СЕ) є одним із найбільш перспективних методів перетворення сонячної енергії в електричну. Даний метод підрозділяється на два пристрої - пряме фотоелектричне перетворення сонячної енергії за допомогою плоских фотоелектричних модулів та із застосуванням концентруючих пристроїв. Данні напрямлення враховують одноманітні приймачі для створення сонячних фотоелектричних систем - як найбільш екологічно чисті, забезпечені ресурсами та у подальшій перспективі економічних джерел електричної та теплової енергії.

Основний недолік використання СЕ є їх висока ціна. Можливі різні шляхи зниження вартості сонячних елементів, одним з яких є вдосконалення технологій виготовлення СЕ і зменшення питомої витрати дорогого кремнію «сонячної якості», який в сто разів дорожчий неочищеного кремнію; зокрема використання пластин кремнію з відходів напівпровідникового виробництва; використання менш дорогих матеріалів: стрічкового полікристалічного або тонкоплівкового аморфного кремнію або матеріалів, що забезпечують отримання елементів з більш високим ККД.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Кричка В. М			ВСТУП	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Мовчан Л.Т.					6	
Консульт.		Мовчан Л.Т.				гр.ЕТс-41, ФПТ, ТНТУ		
Н. Контр.		Вакуленко О.О.						
Зав каф.		Тарасенко М.Г.						

Одним із актуальних шляхів підвищення енергоефективності СЕ є розробка та використання систем концентрування сонячного проміння.

Мета кваліфікаційної роботи: Розробка системи енергопостачання автономного будинку на основі сонячної енергоустановки із асиметричними концентраторами променевої енергії.

Відповідно до даної мети ставляться такі **завдання**:

1. Розкрити поняття сонячного елемента та модуля.
2. Провести аналіз роботи сонячних модулів із концентраторами.
3. Запропонувати конструкцію сонячного модуля з асиметричним параболо-циліндричним концентратором.
4. Провести аналіз і розрахунок річного енергоспоживання типового для України автономного сільського будинку.
5. Встановити ефективність використання концентраторів променевої енергії для енергопостачання будинку.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 частин, висновків та переліку посилань. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 69 арк. формату А4, графічна частина – аркушів презентації.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Сонячні елементи та модулі

Напівпровідники, електричні властивості яких можуть порівняно простими технологічними прийомами змінюватися в широких межах, займають проміжне положення між діелектриками і металами. Сучасна теорія напівпровідників ґрунтується на квантовій механіці і, зокрема, на зонній теорії твердих тіл. Основні положення зонної теорії зводяться до наступного.

Валентні електрони атомів напівпровідника, є загальними, тобто їх положення біля будь-якого атома даного типу рівноймовірне. Однак внаслідок періодичності електричного поля кристалічної решітки не всі значення енергії електронів виявляються можливими. Діаграма можливих рівнів енергії набуває вигляду представленого на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 - Енергетичні зони

Існує область енергії, значення з якої електрон в кристалі приймати не може, звідси її загальноприйнята назва - заборонена зона. Її ширина W_G є одним з найважливіших параметрів напівпровідника.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Кричка В. М				1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Аркуш
Перевірів	Мовчан Л.Т.						8
Консульт.	Мовчан Л.Т.					гр.ЕТс-41, ФПТ, ТНТУ	
Н. Контр.	Вакуленко О.О.						
Зав каф.	Тарасенко М.Г.						

Вище забороненої зони знаходиться зона провідності, що складається з великого числа дуже близько розташованих енергетичних рівнів. Електрон може приймати будь-яке значення енергії, відповідне рівням зони провідності. Відповідно зона дозволених рівнів, названа валентною, розташовується нижче забороненої.

Крім електронів в зоні провідності, провідність напівпровідника визначається, також станами, пов'язаними з залишеними ними рівнями енергії в валентній зоні - дірками. На противагу електронам, дірки являють собою позитивні заряди. Сонячне випромінювання, падаючи на поверхню напівпровідникової структури з р - п переходом, створює пари електрон - дірка, які розділяються під дією його поля. Електрони перейдуть в електронну, а дірки в діркову частину переходу.

На зовнішніх металевих провідниках, з'єднаних з р - і п - областями сонячних елементів (СЕ), з'явиться різниця потенціалів, яка викличе струм через навантаження.

За співвідношенням ефективності СЕ до ширини забороненої зони, найкращими є для застосування СЕ на основі Si, GaAs, Ge [1]. Найбільш поширеними з тих, які випускаються промисловістю СЕ є монокристалічні кремнієві (Si) СЕ. Вибір кремнію обумовлений тим, що він має близьку до оптимальної ширину забороненої зони, низьку швидкість поверхневої рекомбінації, непрямі міжзонні переходи і досить полого межа поглинання, що сприяє збільшенню кількості поглинаючих квантів, що створюють електронно-діркові пари [2].

Напівпровідник, що вважається серйозним конкурентом кремнію, як матеріал для СЕ - арсенід галію (GaAs). У порівнянні з кремнієм він володіє більшою ефективністю, кращими характеристиками при підвищених температурах і освітленості, але дорожче кремнію. Обмежується сфера застосування арсеніду галію сонячними космічними батареями, де важливий ККД, здатність працювати при високих температурах і з концентрованим в

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

100 крат сонячним випромінюванням. При застосуванні кремнієвих СЕ, оптимальним вважається концентрація в 20 - 100 разів, а для елементів з арсеніду галію в 500 - 2000 разів [3, 4].

Кремнієві СЕ відрізняються від СЕ з GaAs більшою теплопровідністю, що дуже важливо при організації ефективного тепловідведення від СЕ при рівних коефіцієнтах концентрації.

Світлова навантажувальна вольт-амперна характеристика ($V-A$) є основним параметром СЕ, за допомогою якого визначаються електрична потужність, яка генерується СЕ, повнота використання потенціалу забороненої зони, рівень оптичних і фотоелектричних втрат, ККД сонячного елемента.

Вольт-амперна характеристика ідеального сонячного елемента [5]:

$$i = i_{\phi} - i_{\partial}; \quad (1.1)$$

де i - повний струм;

i_{ϕ} - струм, що генерується СЕ під дією освітлення;

i_{∂} - темнова характеристика СЕ.

$$i_{\partial} = i_0 \cdot [\exp q \cdot u / k \cdot T - 1]; \quad (1.2)$$

де i_0 - зворотний струм насичення $p \sim n$ переходу;

q - заряд електрона;

u - напруга.

При розімкнутому зовнішньому ланцюзі з (1.2) можна визначити напругу холостого ходу СЕ:

$$u_{xx} = \ln i_{\phi} / i_0 + 1 \cdot k \cdot T / q; \quad (1.3)$$

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальна електрична потужність відбирається від СЕ в тому випадку, коли він працює на оптимальні навантаження і обчислюється з виразу [6]:

$$P = u_{omt} \cdot i_{omt} = FF \cdot u_{xx} \cdot i_{kз} = FF \cdot i_{\phi} \cdot k \cdot T / q \ln i_{\phi} / i_0 + 1 ; \quad (1.4)$$

де FF - коефіцієнт заповнення ВАХ СЕ.

У сучасних СЕ коефіцієнт FF становить 0,7 - 0,8, що означає отримання елементів з високою вихідною потужністю [7].

Ще одним основним параметром, що характеризує роботу СЕ є ККД СЕ, тобто ефективність перетворення сонячної енергії в електричну:

$$\eta = P / P_c = FF \cdot i_{kз} \cdot u_{xx} / P_c ; \quad (1.5)$$

де P_c - потужність сонячної радіації, що надходить на СЕ.

З виразів (1.4) і (1.5) випливає, що ККД СЕ пропорційний фотопотоку i_{ϕ} , напрузі холостого ходу u_{xx} і коефіцієнту заповнення навантажувальної ВАХ сонячного елементу FF .

Максимальна потужність при відносно низьких потоках випромінювання $i_{\phi} \cdot R \ll A \cdot k \cdot T / q$ визначається з виразу [6]:

$$P = A \cdot k \cdot T / q \cdot i_{\phi} \cdot \ln i_{\phi} / i_0 ; \quad (1.6)$$

і ККД збільшується пропорційно логарифму концентрації K , і пов'язаний зі збільшенням напруги фотоелемента [3]:

$$\eta_K = \eta_0 \cdot 1 + A \cdot k \cdot T / q \cdot V_0 \cdot \ln K \approx \eta_0 \cdot 1 + 0.22 \cdot \ln K ; \quad (1.7)$$

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зниження вартості напівпровідникових матеріалів і використання сонячних концентраторів - основні, в даний час можливі напрямки в розвитку сонячних фотоелектричних систем.

Можливі різні шляхи зниження вартості сонячних елементів, одним з яких є вдосконалення технологій виготовлення СЕ і зменшення питомої витрати дорогого кремнію «сонячної якості», який в сто разів дорожчий неочищеного кремнію; зокрема використання пластин кремнію з відходів напівпровідникового виробництва; використання менш дорогих матеріалів: стрічкового полікристалічного або тонко плівкового аморфного кремнію або матеріалів, що забезпечують отримання елементів з більш високим ККД (арсенід галію, арсенід алюмінію і т.п.) [8].

Дане твердження базується на результатах фундаментальних досліджень [9], в процесі яких створені СЕ з ККД 27 - 28%, в тому числі з арсеніду галію з ККД досягає 35% [8]. Теоретичний гранично досяжний ККД для кремнієвих елементів становить 44%.

Удосконалення технологій виготовлення сонячних елементів дозволило знизити вартість встановленої потужності фотоелектричних модулів до 4,5 - 5 \$ / Вт. Проте, висока вартість СЕ, вага ще є основною причиною, яка стримує масове впровадження і застосування сонячних фотоелектричних систем для вироблення енергії.

1.2 Параметри сонячного модуля з концентратором

Асиметричний параболо-циліндричний концентратор (рис.1.2) відноситься до класу відбиваючих. Сонячний модуль також розроблений і виготовлений в ГНУ ВІЕСХ. На рисунку 1.3 представлений сонячний модуль з асиметричним параболо-циліндричним концентратором.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

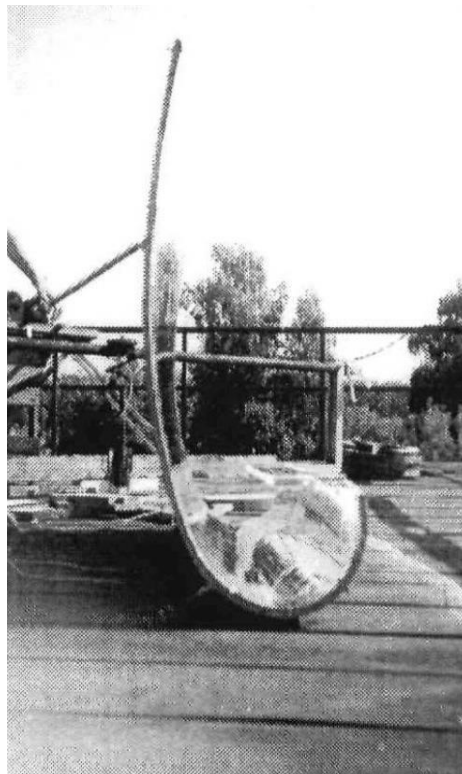


Рисунок 1.2 - Фотографія сонячного модуля з асиметричним параболо-циліндричним концентратором

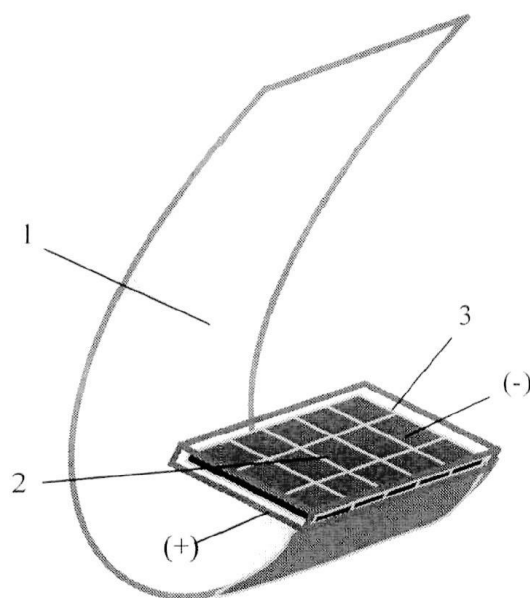


Рисунок 1.3 - Сонячний модуль з асиметричним параболо-циліндричним концентратором: 1 асиметричний концентруючий відбивач, 2 - двосторонні фотоелементи, 3 - сонячний модуль, що містить скомутовані сонячні

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елементи з двосторонньою робочою поверхнею в склопакеті заповненому спеціальною рідиною, (+) і (-) - робочі поверхні модуля;

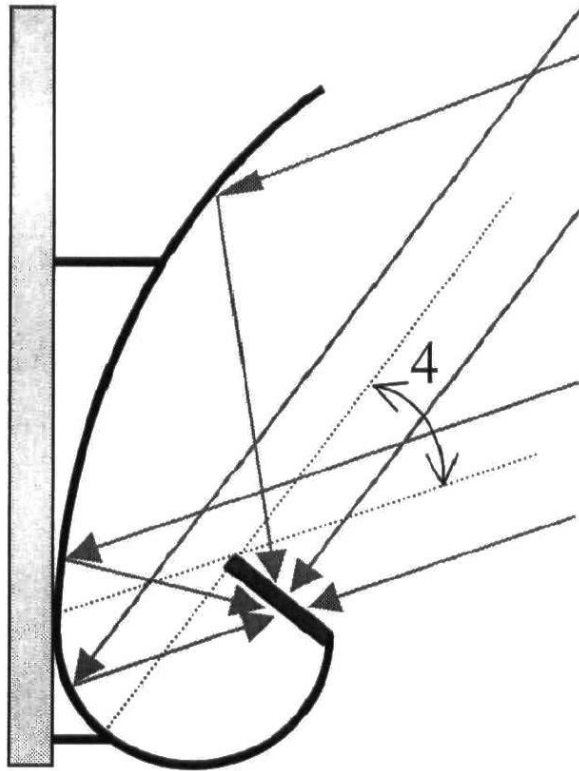


Рисунок 1.4 - Хід сонячних променів у сонячному модулі з асиметричним параболо-циліндричним концентратором (4 - апертурний кут концентратора)

Концентратор являє собою параболічну поверхню основної гілки дзеркального відбивача, що плавно переходить в нижній частині напівциліндричної поверхні другого дзеркального відбивача. У фокальній області дзеркального відбивача розташований сонячний модуль з двосторонньою робочою поверхнею, що містить скомутовані сонячні елементи. На зовнішню (-) сторону модуля може падати як неконцентроване, так і концентроване сонячне випромінювання в залежності від кута між площиною міделю концентратора і висотою Сонця. На внутрішню (+) сторону падає концентрований потік сонячного випромінювання, що

отримується в результаті багаторазового відбиття променів від дзеркальної поверхні концентратора.

1.3 Висновки до розділу

1. Проведено аналіз роботи сонячного елемента та модуля з метою вивчення умов його експлуатації. Встановлено, що для його ефективної роботи потрібне охолодження до температур не вище 70 градусів.
2. Проведено аналіз конструкції параболо-циліндричного концентратора та його роботи із сонячними модулями.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Параметри сонячного модуля з концентраторами

При проведенні експерименту робота сонячної установки при різних висотах Сонця через обмеженість періоду часу експерименту моделювався за допомогою зміни кута площини міделю концентратора щодо площини горизонту, причому:

$$h_M = h_0 + (90^\circ - \beta); \quad (2.1)$$

де $h_0 = \beta - \alpha$;

h_M , - моделююча висота Сонця;

h_0 - фактична висота Сонця.

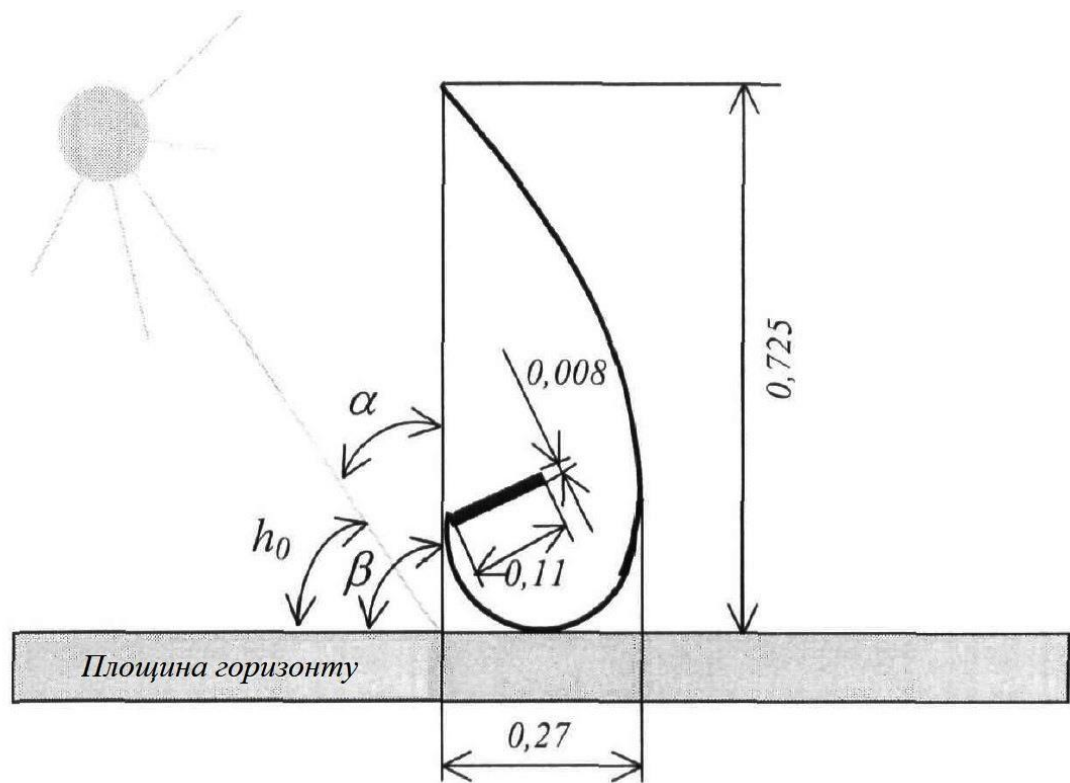
Положення нормалі площини міделю концентратора по азимуту задавалося відповідно до переміщення Сонця по небосхилу.

Положення площини міделю асиметричного параболо циліндричного концентратора сонячної установки відносно площини горизонту представлено на рис. 2.1.

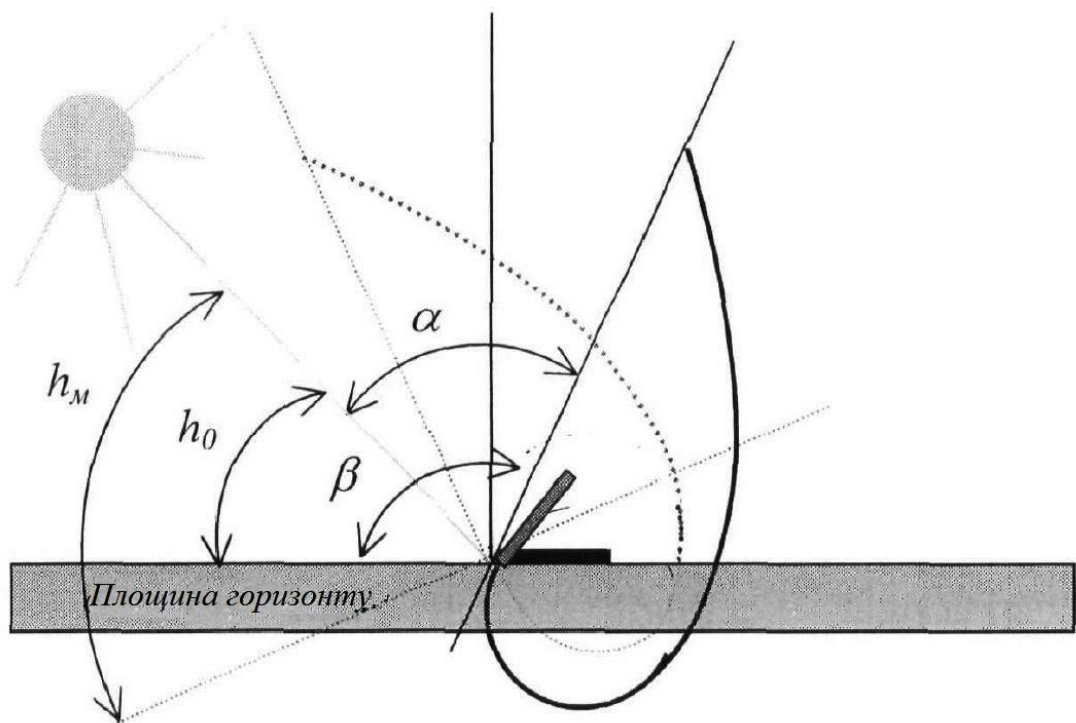
Вимірювання вольт-амперних характеристик проводилося за допомогою амперметра і вольтметра з активним регульованим навантаженням. В якості активного навантаження використовувалися реостати. Електричні параметри сонячної установки визначені розрахунковим шляхом за даними, отриманими в результаті випробувань в умовах природного сонячного опромінення.

Габаритні розміри установки: 1,25x0,725x0,27 м; габаритні розміри склопакета сонячного модуля: 0,9x0,11x0,008 м³ (див. рис. 2.1 а).

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Кричка В. М			2 ПРОЕКТНО- КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Аркуш
Перевірів		Мовчан Л.Т.					16
Консульт.		Мовчан Л.Т.				гр.ЕТс-41, ФПТ, ТНТУ	
Н. Контр.		Вакуленко О.О.					
Зав каф.		Тарасенко М.Г.					



а)



б)

Рисунок 2.1 - Положення площини міделю концентратора щодо площини горизонту:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 19-030.00.00.000ПЗ

Арк.

17

а) базове вертикальне положення площини міделю концентратора щодо площини горизонту; б) зміна положення площини міделю концентратора щодо площини горизонту в ході експериментів.

Розрахункове значення апертурного кута асиметричного параболо-циліндричного концентратора установки - ± 2 кут. град.

На рисунку 2.2 представлена ВАХ (лінія 1) внутрішньої (+) сторони сонячного модуля, отримана при базовому вертикальному положенні сонячної установки, тобто при куті розташування площини міделю концентратора щодо площини горизонту β - 90 кут. град., кут α = 47 кут. град. (див. рис. 2.1 б). Далі також знята ВАХ (+) сторони модуля при α = 70 кут. град, (лінія 2), тобто в межах розрахункового апертурного кута концентратора.

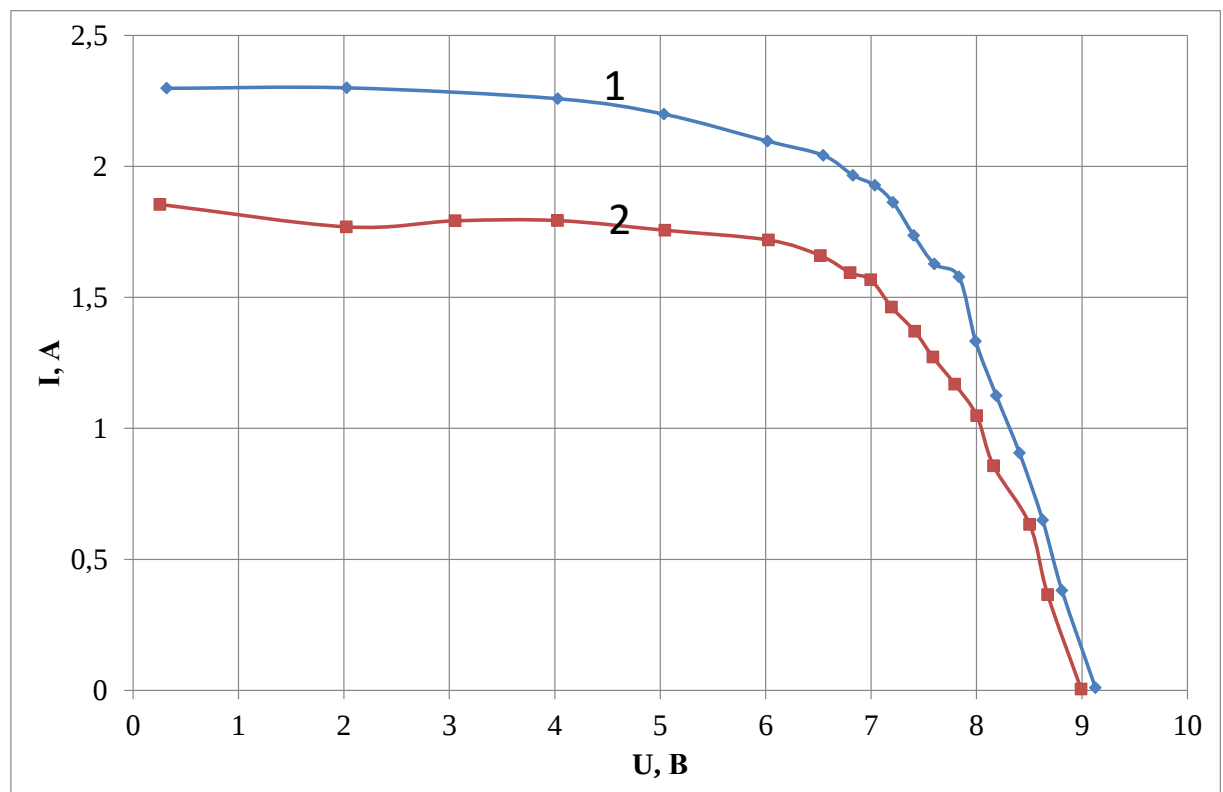


Рисунок 2.2 – Вольт-амперна характеристика сонячного модуля з концентратором

На рисунку 2.3 представлена залежність $I_{кз}$ (а) (див. рис. 2.1, б) зовнішньої (-) боку сонячного модуля. В даному експерименті використовувався сонячний модуль з односторонньою робочою поверхнею, внаслідок цього діапазон робочих кутів модуля досить малий, що на графіку показано. Безперечно, при установці в концентратор модуля з двосторонньою робочою поверхнею вказаний діапазон значно збільшиться.

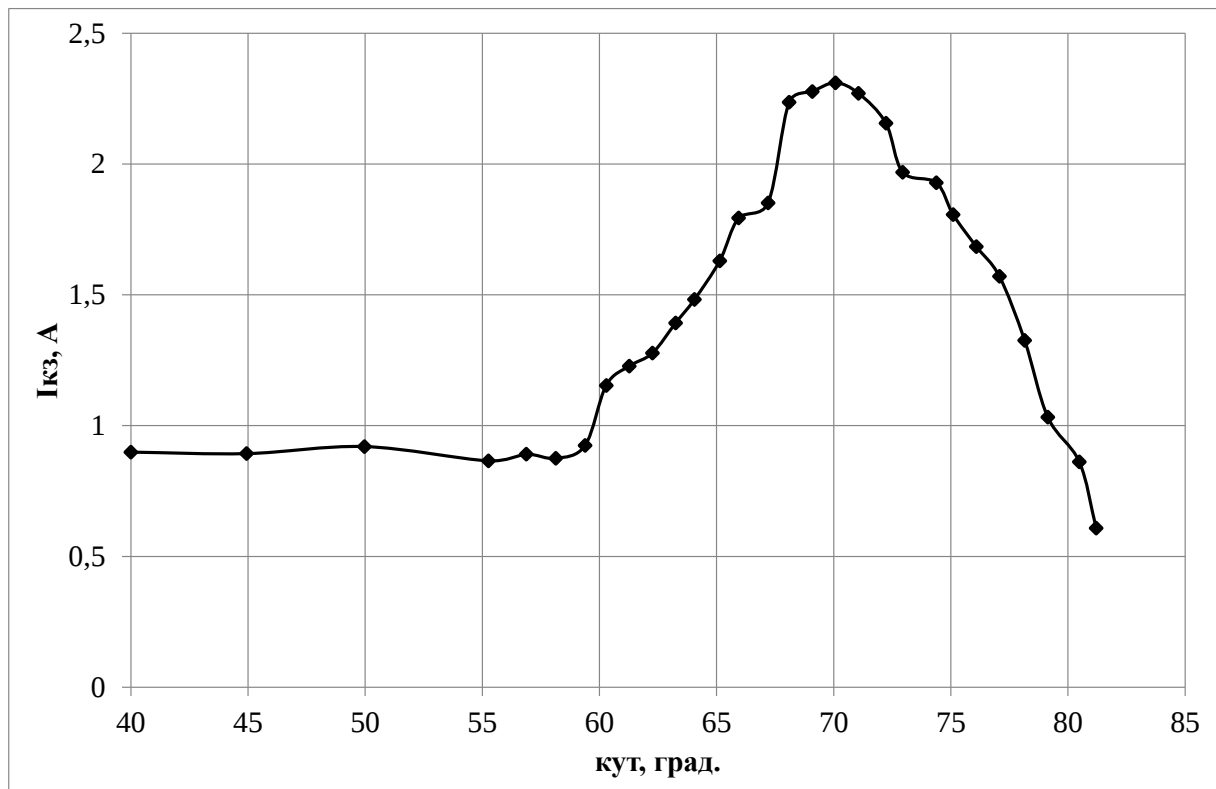


Рисунок 2.3 - Залежність струму короткого замикання від зміни кута α

Цікавим є здатність даних концентраторів використовувати розсіяне випромінювання, тому були зняті деякі характеристики при відсутності прямих сонячних променів. У даних експериментах був використаний сонячний модуль з СЕ, що мають двосторонню робочу поверхню. Лінія 1 (-) зовнішня сторона модуля, а лінія 2 (+) внутрішня сторона. Дослідження проводилися з кожною стороною сонячного модуля окремо при закритому протилежному боці.

На рисунку 2.4. показані графіки залежностей струму короткого замикання від зміни кута β (див. рис 2.1 б).

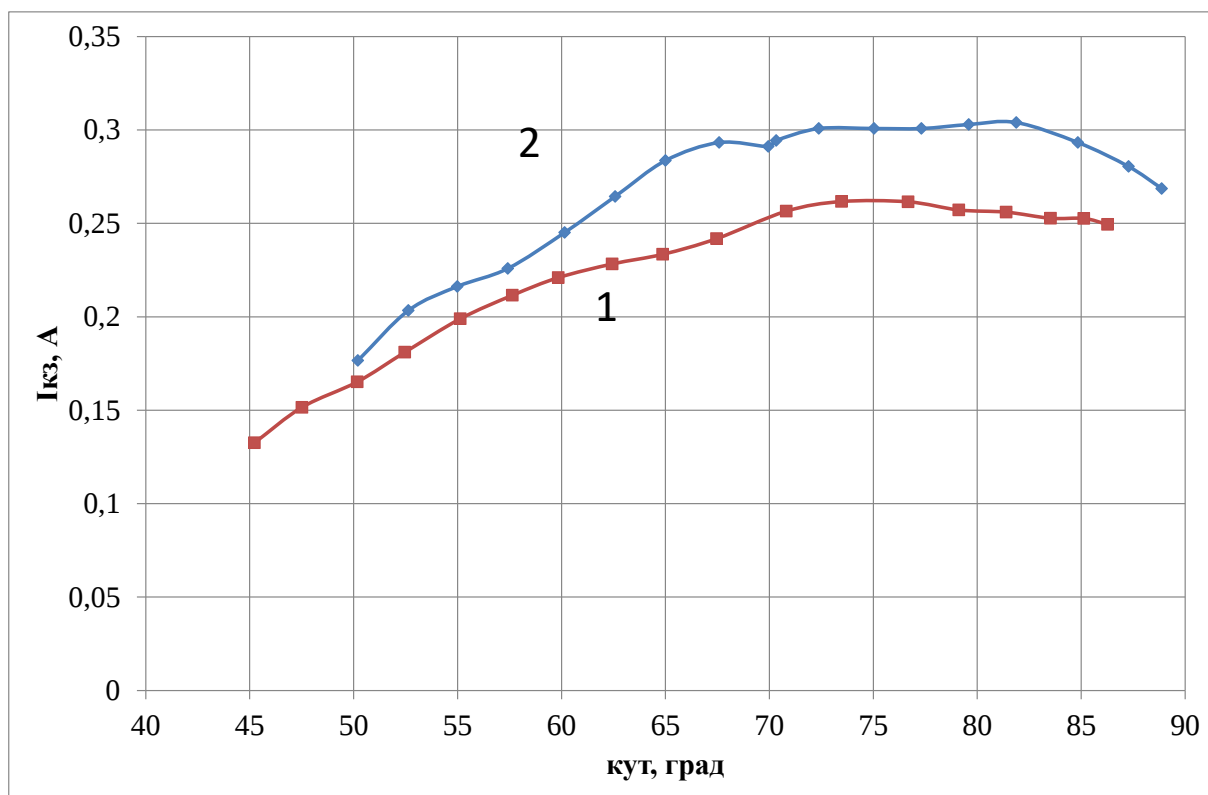


Рисунок 2.4. Залежність струму короткого замикання від зміни кута ρ

На рисунку 2.5 і 2.6 представлені відповідно вольт-амперна характеристика і розподіл світлової смуги щодо поперечної координати (+) внутрішньої сторони сонячного модуля, що має два паралельні кола СЕ і поперечну ширину модуля 0,25 м, при $\alpha = 63$ кут град.

На рисунку 2.7 представлено розподіл концентрації освітленості щодо поперечної координати сонячного модуля при $\alpha = 63$ кут. град.

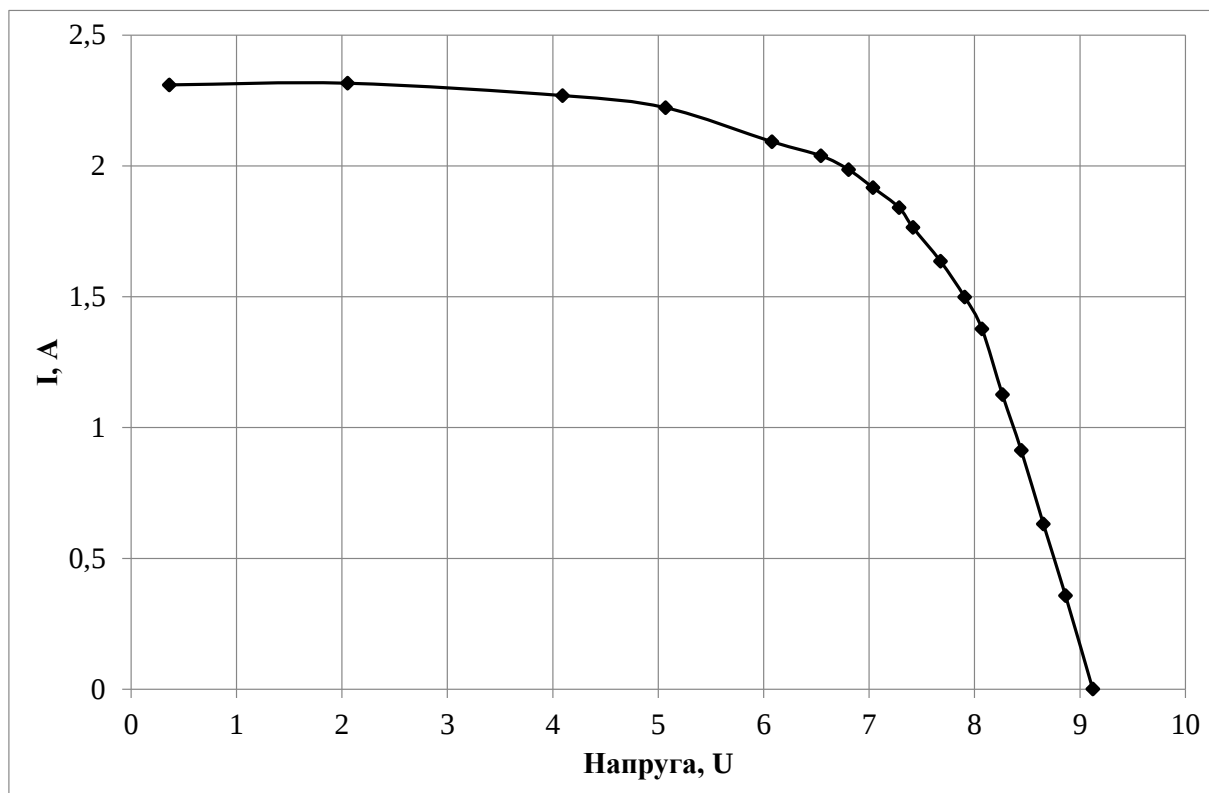


Рисунок 2.5 – Вольт-амперна характеристика сонячного модуля з концентратором при $\alpha = 63$ кут. град

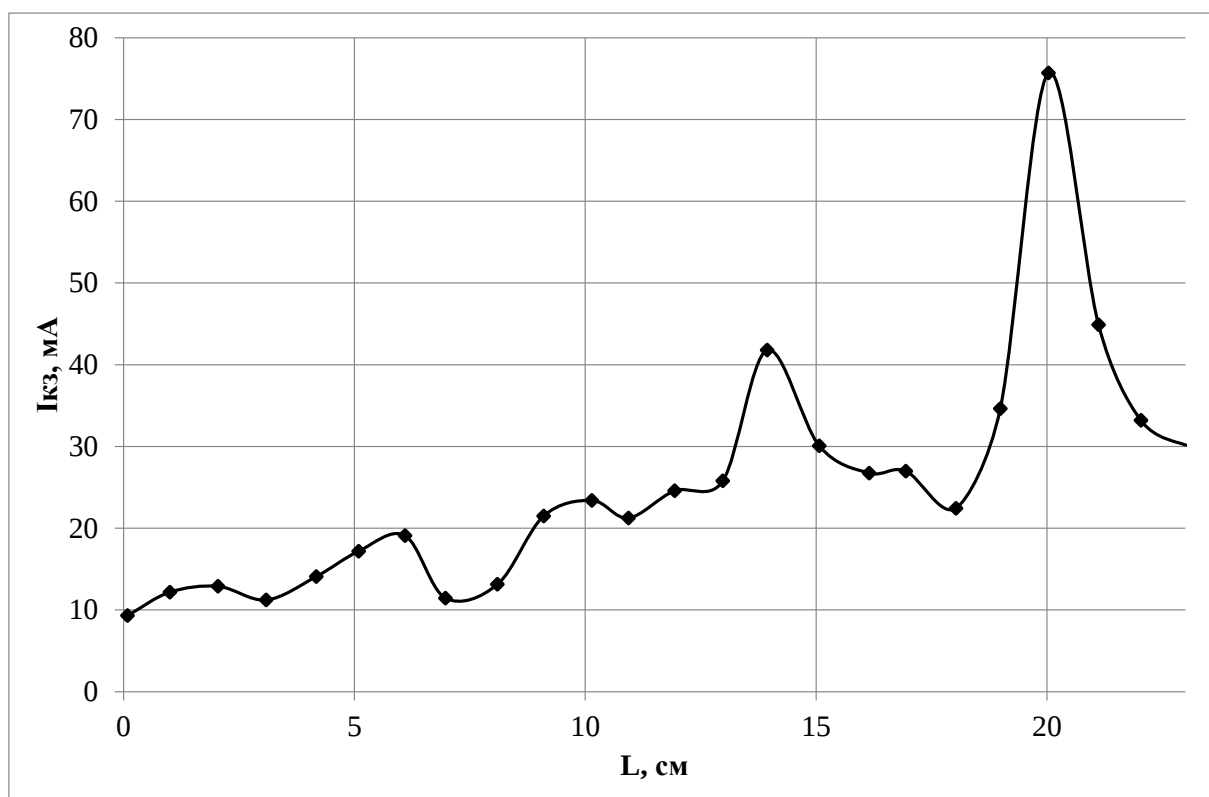


Рисунок 2.6 - Розподіл світлової смуги з (+) внутрішньої сторони сонячного модуля з концентратором при $\alpha = 63$ кут. град

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 19-030.00.00.000ПЗ

Арк.

21

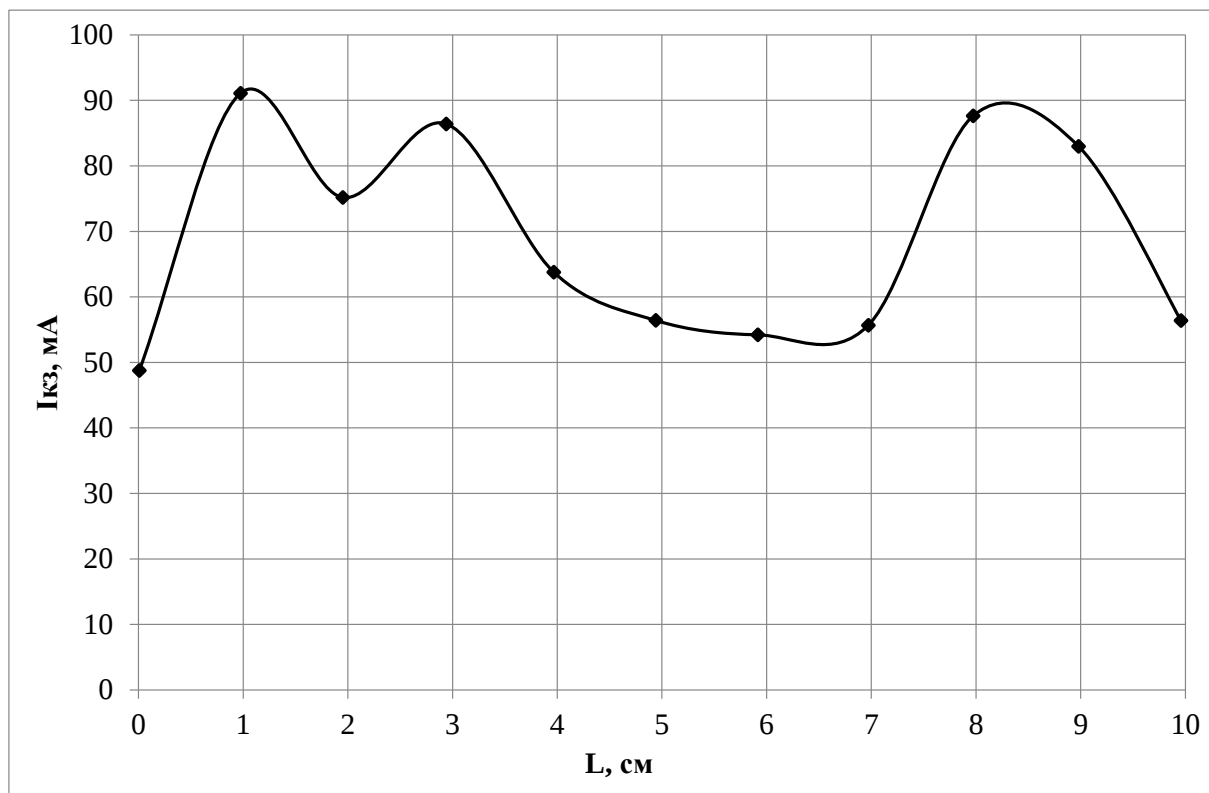


Рисунок 2.7 - Розподіл концентрації освітленості щодо поперечної координати сонячного модуля при $\alpha = 63$ кут. град

2.2 Розробка конструкцій сонячних модулів з асиметричними параболо-циліндричними концентраторами

2.2.1 Сонячний модуль з трансформуючим концентратором

Найбільш близьким за технічними параметрами до пропонованих варіантів конструкцій є сонячний модуль з концентратором сонячного випромінювання для отримання електричної енергії і теплоти, в якому для збільшення ефективності використання сонячної енергії відбивач складається з двох різновеликих частин, розділених площиною симетрії, що проходить через вершину і фокальну вісь відбивача. Для збільшення коефіцієнта концентрації основний дзеркальний відбивач виконаний у вигляді однієї гілки параболо-циліндричного відбивача і забезпечений другим напів-

циліндричним дзеркальним відбивачем, а ширина смуги приймача випромінювання дорівнює радіусу другого дзеркального відбивача. Сонячний модуль з концентратором встановлений на балконі будівлі, або під прозорим дахом будівлі.

Вирішенням завдання є можливість концентратора приймати компактні розміри для транспортування пристрою або в періоди часу, коли модуль не використовується, також вирішується завдання поділу сонячних модульних установок на основі концентраторів на стаціонарну і мобільну частини. Ця якість концентратора дуже важлива і для тих автономних споживачів енергії, у яких специфіка роботи пов'язана з частими переїздами. Запропоновану конструкцію концентратора з трансформованим дзеркальним відбивачем можна використовувати при вирішенні дослідницьких і освітніх завдань для моделювання різних конфігурацій дзеркальних відбивачів геліотехнічних пристроїв.

Сонячний модуль з концентратором можна встановити в міжвіконний простір віконних блоків південного фасаду будівлі для обігріву приміщень теплом, а при установці відповідних приймачів використовувати для виробництва гарячої води і вироблення електрики. Концентратор при такому розташуванні може виконувати функції жалюзі, а також так званої повітряної або теплової завіси, яка застосовується для ускладнення доступу в приміщення холодного повітря. Віконні блоки приміщень, які знаходяться з затінених сторін, обігріваються теплим повітрям, що отримується від концентраторів по повітропроводам або за допомогою електрообігріву. Електроенергію для цього може виробляти встановлений на сонячний модуль фотоелектричний приймач.

Працює сонячний модуль з концентратором наступним чином: розкладаємо направляючі 3 дзеркального відбивача, виконаного з дзеркальних фацет або листа гнучкого матеріалу, за допомогою шарнірного з'єднання 12 і складні кронштейни 13 кріплення фотоелектричного приймача

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Потім, приводимо в дію пристрій з механічним або електричним приводом, за допомогою якого переміщається з циліндричної камери 4 і назад дзеркальний відбивач, який переміщається по бічних с - подібним профільним направляючим параболо-циліндричної форми, що утворюють параболо-циліндричну поверхню дзеркального відбивача сонячного модуля або утворюють необхідний профіль за допомогою крокових двигунів.

Вищевказаний технічний результат досягається тим, що в пропонованому сонячному модулі з концентратором, дзеркальний відбивач у вигляді однієї гілки параболо-циліндричного відбивача і другого напів-циліндричного відбивача, розділених фокальною площиною концентратора, виконаний з дзеркальних фацет, з'єднаних між собою у вигляді дзеркальної ставні або листа гнучкого матеріалу з роликами в торцевих площинах і забезпечений бічними с - подібними профільними направляючими, що утворюють параболо-циліндричну поверхню основного дзеркального відбивача при висуванні з порожнистої циліндричної камери, встановленої на протилежній, щодо лежачої в фокальній площині, вершині гілки параболо-циліндричного відбивача. Причому камера містить пристрій для переміщення дзеркального відбивача уздовж с - подібних профільних направляючих всередину зазначеної камери і назад.

На рисунку 2.8 сонячний модуль з концентратором містить дзеркальний відбивач 1, виконаний з дзеркальних фацет або листа гнучкого матеріалу і має апертурний кут δ ролики 2, направляючі 3, циліндричну камеру 4 з пристроєм 5 для переміщення дзеркального відбивача, фотоелектричний приймач 6, а також фокальну вісь 7, площину міделю 8 і фокальну площину 9 дзеркального відбивача.

В іншому варіанті сонячного модуля з концентратором технічний результат досягається за рахунок того, що пристрій для переміщення дзеркального відбивача з циліндричної камери і назад містить електричний привід, який пов'язаний з фотоелектричним приймачем випромінювання

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричним колом, чим досягається можливість установки сонячного модуля в різні важкодоступні частини південного фасаду стін і даху будівлі, а також зниження витрат фізичної праці і підвищення зручності користування.

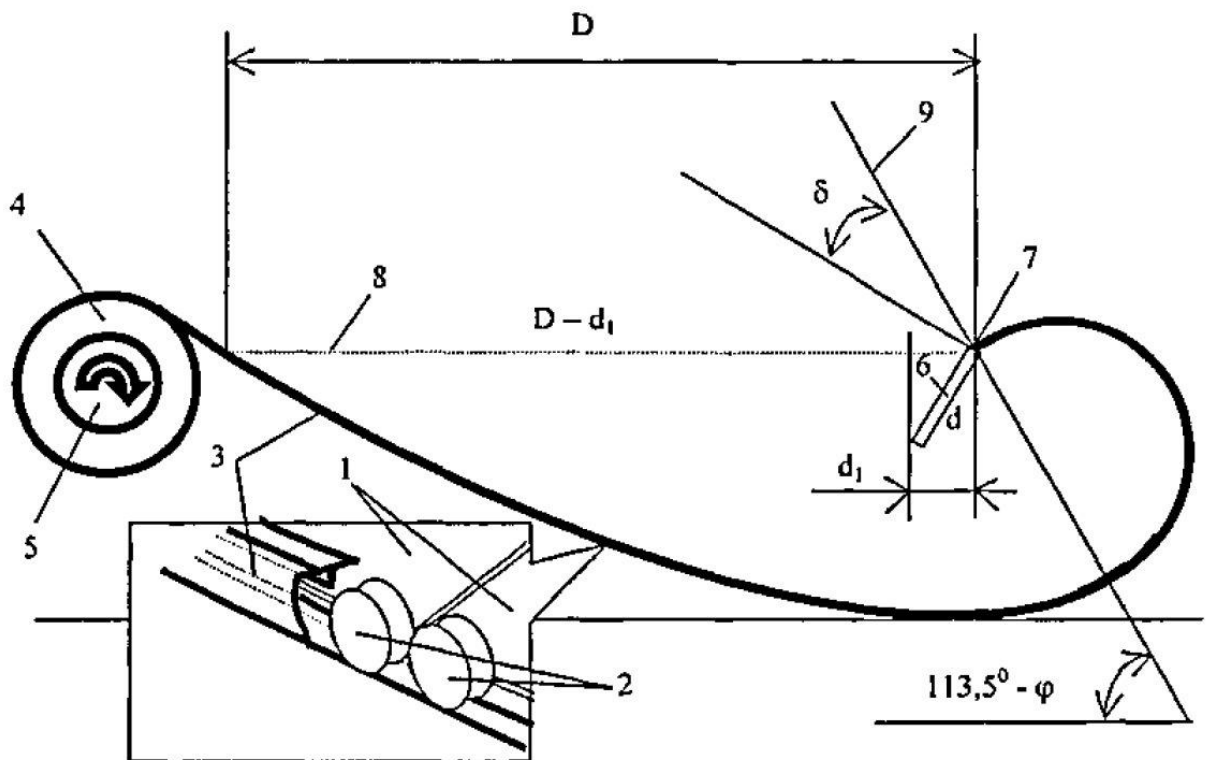


Рисунок 2.8 - Сонячний модуль з концентратором 1

На рисунку 2.9 сонячний модуль з концентратором містить пристрій 5 для переміщення основного дзеркального відбивача з циліндричної камери і назад, забезпечений електричним приводом, який пов'язаний з фотоелектричним приймачем електричним колом 10.

У наступному варіанті представленому на рисунку 2.10 сонячного модуля з концентратором технічний результат досягається за рахунок того, що він встановлений у віконному отворі південної стіни будівлі, що дозволяє скоротити витрати на виготовлення корпусу сонячного модуля, використовувати зазначений концентратор як жалюзі в жарку пору року, а в холодну пору з'являється можливість прогрівання межвіконного простору віконних блоків будівлі.

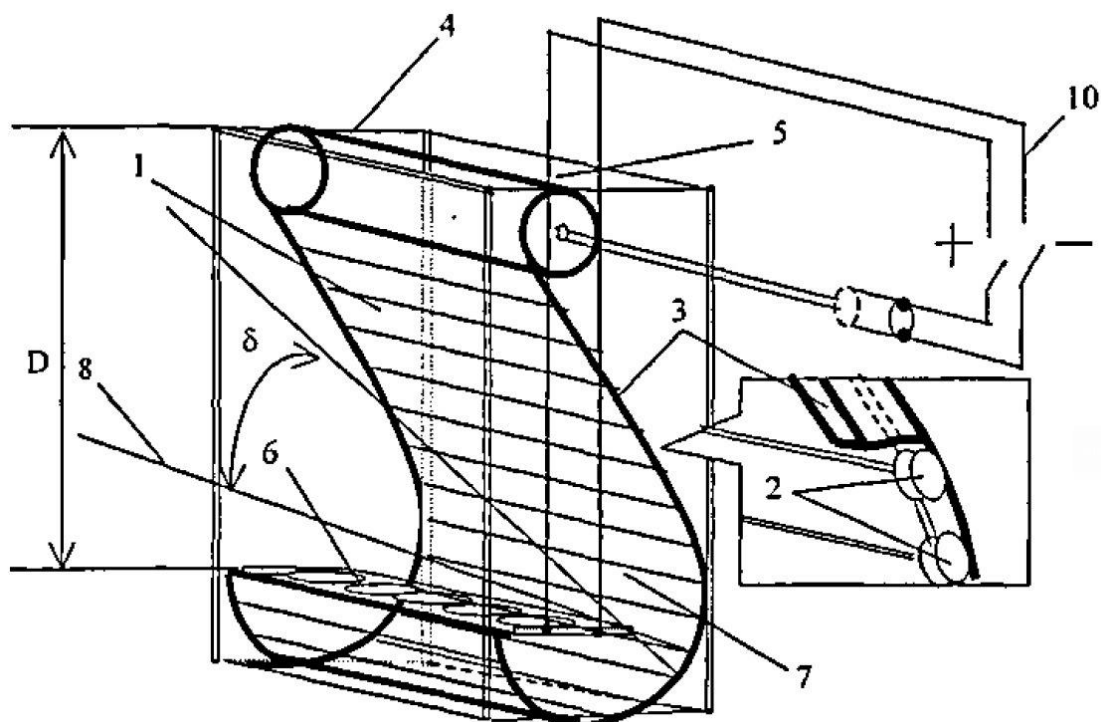


Рисунок 2.9 - Сонячний модуль з концентратором 2

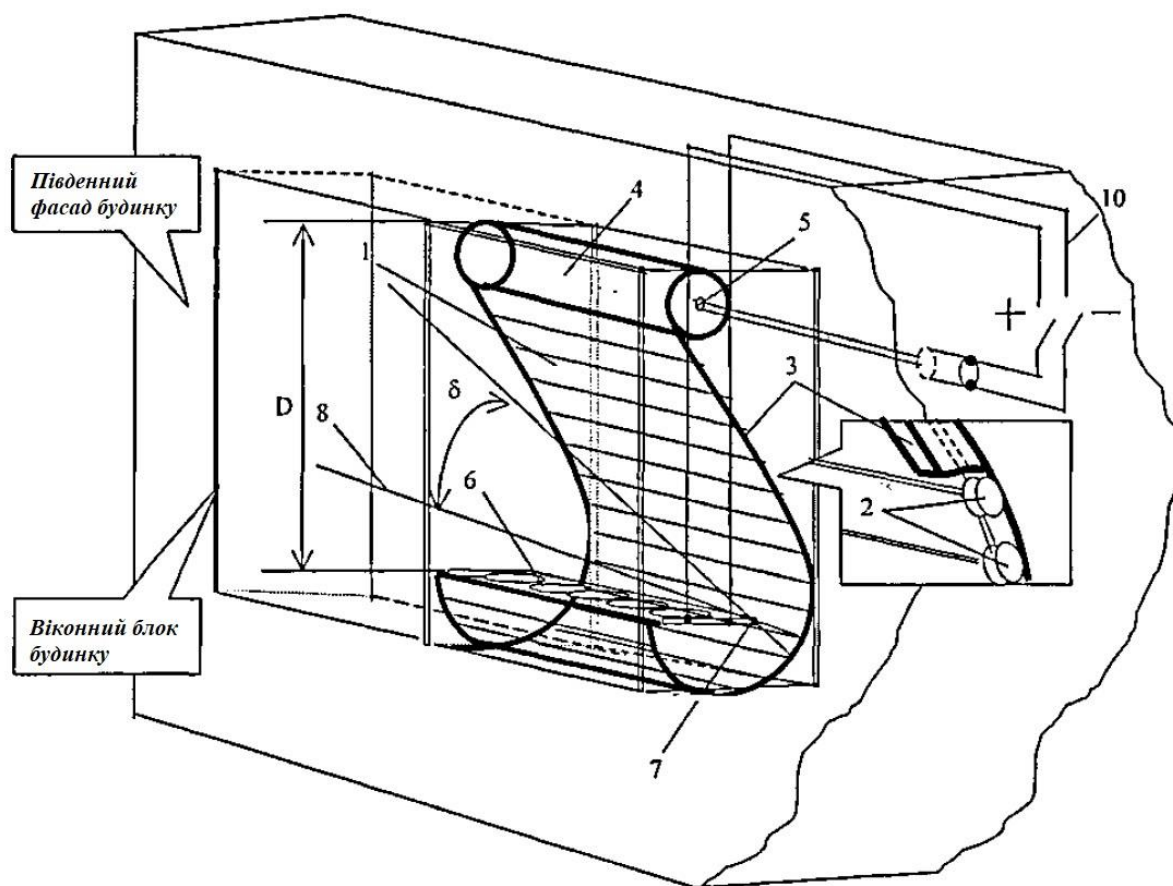


Рисунок 2.10 - Сонячний модуль з концентратором 3

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 19-030.00.00.000ПЗ

Арк.

26

2.2.2 Варіанти конструкцій сонячний модулів з концентратором

Завданням при створенні представлених конструкцій було створення ефективних, технологічних і міцних геліотехнічних пристроїв, вбудованих в фасади і дахи будинків для забезпечення їх електроенергією, гарячою водою і теплом.

В результаті використання пропонованої конструкції збільшується надійність і ефективність сонячного модуля за рахунок появи можливості використання відведеного надлишкового тепла від фотоперетворювачів;

Технічний результат в першому варіанті (рис. 2.11) досягається тим, що сонячний модуль з концентратором, що містить основний дзеркальний відбивач, виконаний у вигляді однієї гілки параболо-циліндричного відбивача і другого напівциліндричного відбивача, розділені фокальною площиною, має приймач випромінювання, встановлений в фокальній області основного дзеркального відбивача. Він виконаний зі скляної циліндричної труби з антивідбиваючим покриттям і внутрішнім діаметром рівним поперечній ширині вбудованого всередину плоского склопакета фотоелектричного приймача, що має скомутовані фотоперетворювачі з двосторонньою робочою поверхнею. Причому на одній з торцевих сторін циліндричної труби встановлений повітряний вентилятор, для відводу теплоти за допомогою циркуляції повітря, який пов'язаний з фотоелектричним приймачем електричним колом.

У другому варіанті (рис. 2.12) технічний результат досягається тим, що сонячний модуль з концентратором, що містить основний дзеркальний відбивач, виконаний у вигляді однієї гілки параболо-циліндричного відбивача і другого напівциліндричного відбивача, розділені фокальною площиною.

Приймач випромінювання, встановлений в фокальній області основного дзеркального відбивача, виконаний зі скляної циліндричної труби

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з антивідбиваючим покриттям і внутрішнім діаметром рівним поперечної ширині вбудованого всередину плоского металевого приймача.

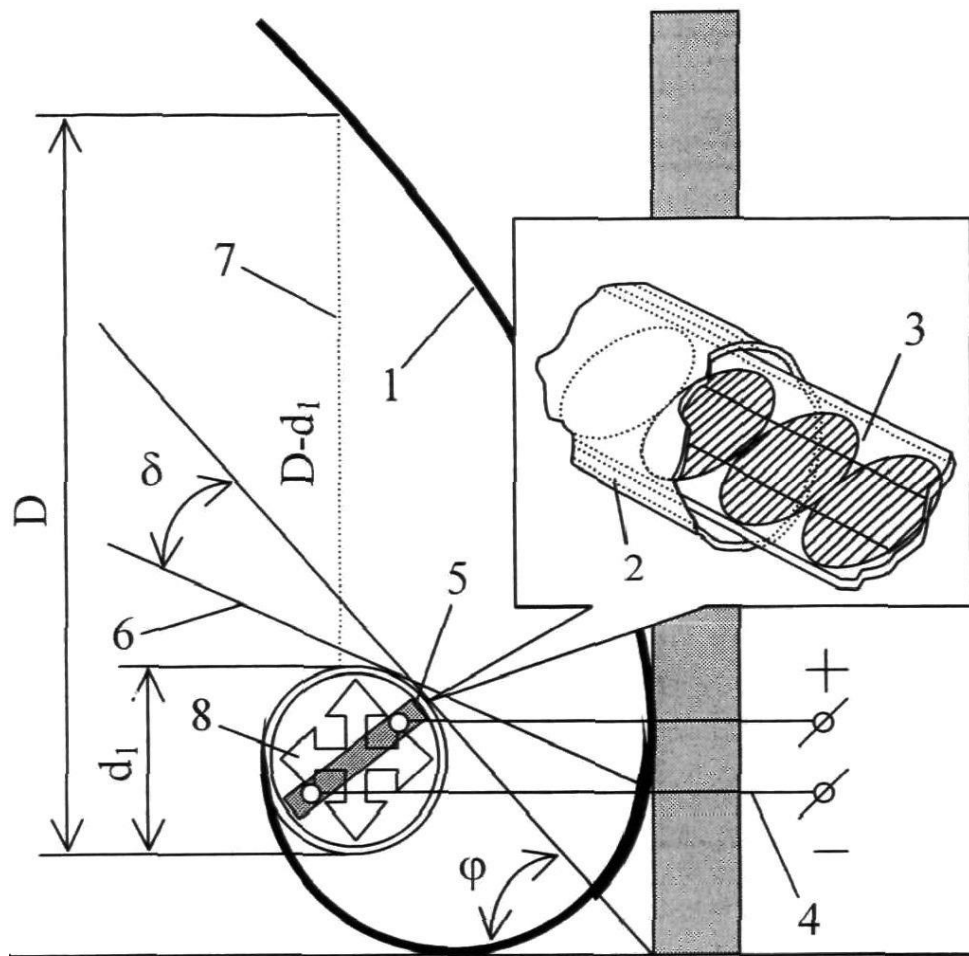


Рисунок 2.11 - Конструкція сонячного модуля з концентратором – варіант 1:

1 - дзеркальний відбивач, 2 - скляний циліндричний приймач з антивідбиваючим покриттям; 3-скомутований фотоперетворювач в склопакеті; 4-електричне коло; 8-повітряний вентилятор. Ширина сонячного модуля у вертикальній площині дорівнює D , складається з проєкції d_1 діаметра скляного циліндричного приймача на площину 7 і ширини площини міделя концентратора $D - d_1$ між фокальною віссю 5 і гілкою параболо-циліндричного концентратора. Фокальна площина 6 нахилена до горизонтальної площини під кутом φ - широта місцевості установки сонячного модуля

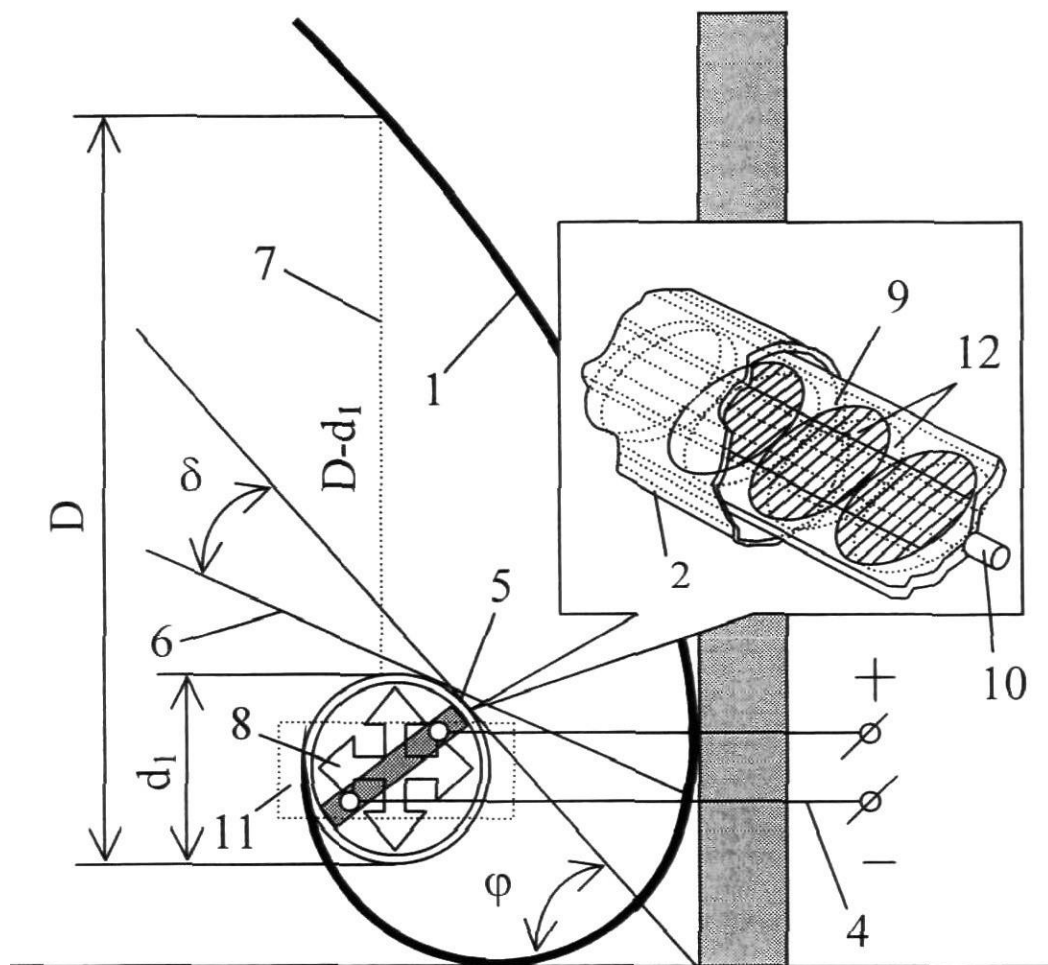


Рисунок 2.12 - Конструкція сонячного модуля з концентратором – варіант 2:

9-плоский металевий абсорбер, 10-прямий проточний канал; 11-циркуляційний насос; 12-скомутований фотоперетворювач з односторонньою робочою поверхнею

Приймач випромінювання містить прямий проточний канал всередині для циркуляції за допомогою насоса рідкого теплоносія і має на робочих поверхнях скомутовані фотоперетворювачі з односторонніми робочими поверхнями, а крізь внутрішню порожнину скляної труби для відводу тепла

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

циркулює повітря за допомогою вентилятора, причому циркуляційний насос і повітряний вентилятор встановлені на одній з торцевих сторін циліндричної труби і пов'язана зі скомтованим фотоперетворювачем електричним колом.

У третьому варіанті (рис. 2.13) технічний результат досягається тим, що сонячний модуль з концентратором, що містить основний дзеркальний відбивач, виконаний у вигляді однієї гілки параболоциліндричного відбивача і другого напівциліндричного відбивача, розділені фокальною площиною має порожнистий зачернений циліндричний приймач випромінювання.

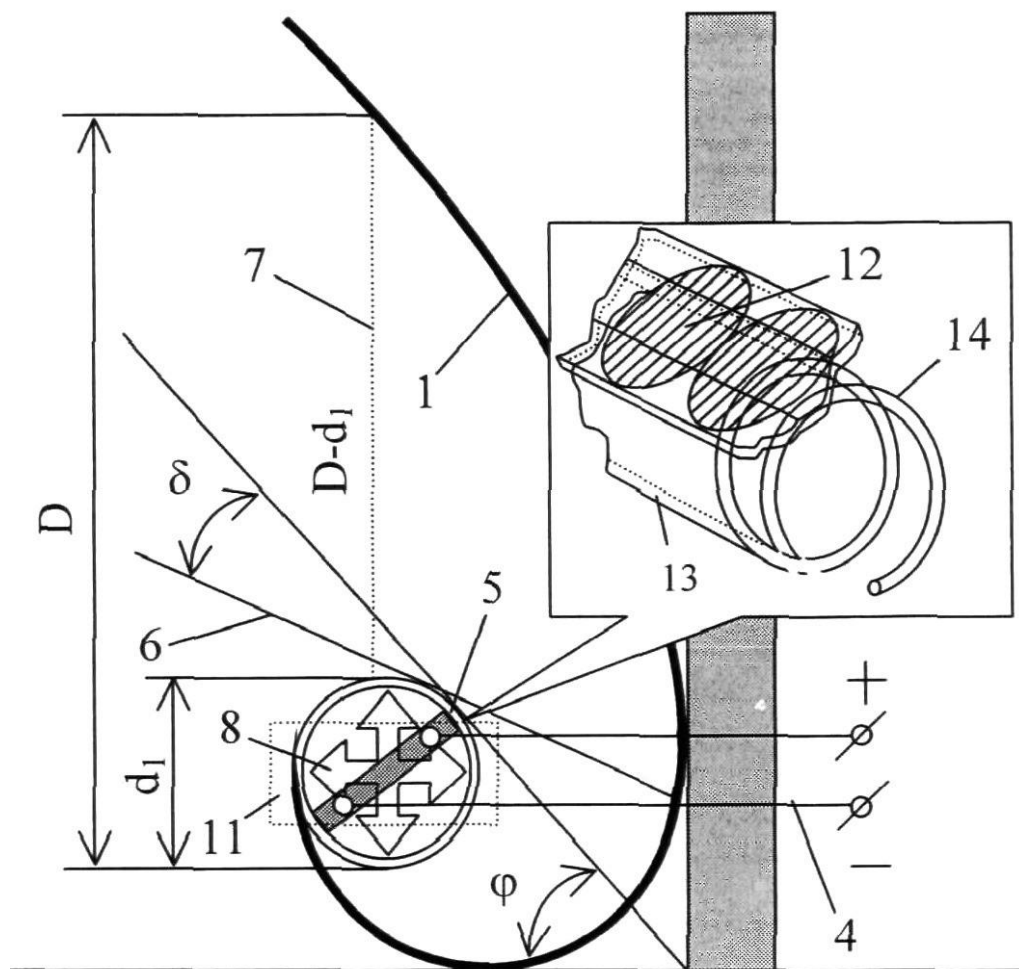


Рисунок 2.13 - Конструкція сонячного модуля з концентратором – варіант 3:

13-порожнистий зачернений циліндричний приймач випромінювання з металу; 14-спіралевидний проточний канал

Приймач випромінювання встановлений в фокальній області відбивача і виконаний з металу і містить спіралевидний проточний канал в корпусі для

циркуляції за допомогою насоса рідкого теплоносія, а на поверхні, що знаходиться в області фокальної площини дзеркального відбивача скомутованого фотоперетворювача з односторонніми робочими поверхнями, а крізь внутрішню порожнину труби циркулює повітря за допомогою вентилятора, причому циркуляційний насос і повітряний вентилятор встановлені на одній з торцевих сторін циліндричної труби і пов'язані зі скомутованим фотоперетворювачем електричним колом.

2.2.3 Сонячний модуль з концентраторами у вигляді варіантів об'ємних конструкцій

Завданням винаходу є скорочення термінів збирання сонячного модуля з концентратором, зменшення матеріалоємності, зниження енергоємності та витрат фізичної енергії при виробництві сонячних модулів, забезпечення можливості використання модуля і систем гарячого водопостачання при невеликих навантаженнях споживача без необхідності монтажу систем циркуляції і відведення гарячої води, а також з огляду на компактні розміри даної установки, забезпечення можливості транспортування установки і зберігання в періоди часу, коли модуль не використовується. Одним із завдань є ефективне використання сонячної енергії та зниження вартості одержуваної електроенергії і тепла.

В результаті використання запропонованого винаходу:

- скорочується термін збирання концентратора сонячного модуля;
- знижується енергоємність і витрати праці при виробництві сонячного модуля;
- підвищується технологічність процесу виготовлення і ефективність використання сонячної енергії;

Вирішеним завданням при використанні пропонованої конструкції, є об'єднання основних складових конструкції сонячного модуля і систем

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

циркуляції теплоносія в загальну, недорогу і мобільну конструкцію, а також вирішується завдання поділу сонячних систем на основі модульних установок з концентраторами на стаціонарну і мобільну частини. Ця якість концентратора дуже важлива і для тих автономних споживачів енергії, у яких специфіка роботи пов'язана з частими переїздами. Сонячний модуль з концентратором можна використовувати для виробництва гарячої води і вироблення електрики на дачних ділянках, місцях сезонної роботи сільськогосподарського виробництва, зонах відпочинку, курортних і рекреаційних зонах і т.д.

Технічний результат досягається тим, що в сонячному модулі дзеркальний відбивач, що містить основну гілку параболо-циліндричного концентратора з другим напівциліндричним дзеркальним відбивачем, приймач з двосторонньою робочою поверхнею встановлений в фокальній площині і призначений для вироблення електричної енергії і гарячої води, циркуляційний контур з водою і бак системи гарячого водопостачання вмонтовані безпосередньо в конструкцію корпусу сонячного модуля.

Для підвищення технологічності виготовлення установки, економії металу, зниження ваги і габаритних розмірів сонячного модуля (рис. 2.14), дзеркальний відбивач і бак - акумулятор можуть бути виготовлені з полімерного матеріалу.

На рисунку 2.14 сонячний модуль з концентратором містить фокусуючий дзеркальний відбивач 1, що має апертурний кут θ ; захисне покриття зі скла 2; приймач сонячного випромінювання 3; регульовані кронштейни кріплення приймача сонячного випромінювання 4; електричне коло фотоперетворювачів приймача сонячного випромінювання 5; циркуляційний контур 6; кран 7; бак - акумулятор 8; заливна горловина з кришкою 9.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

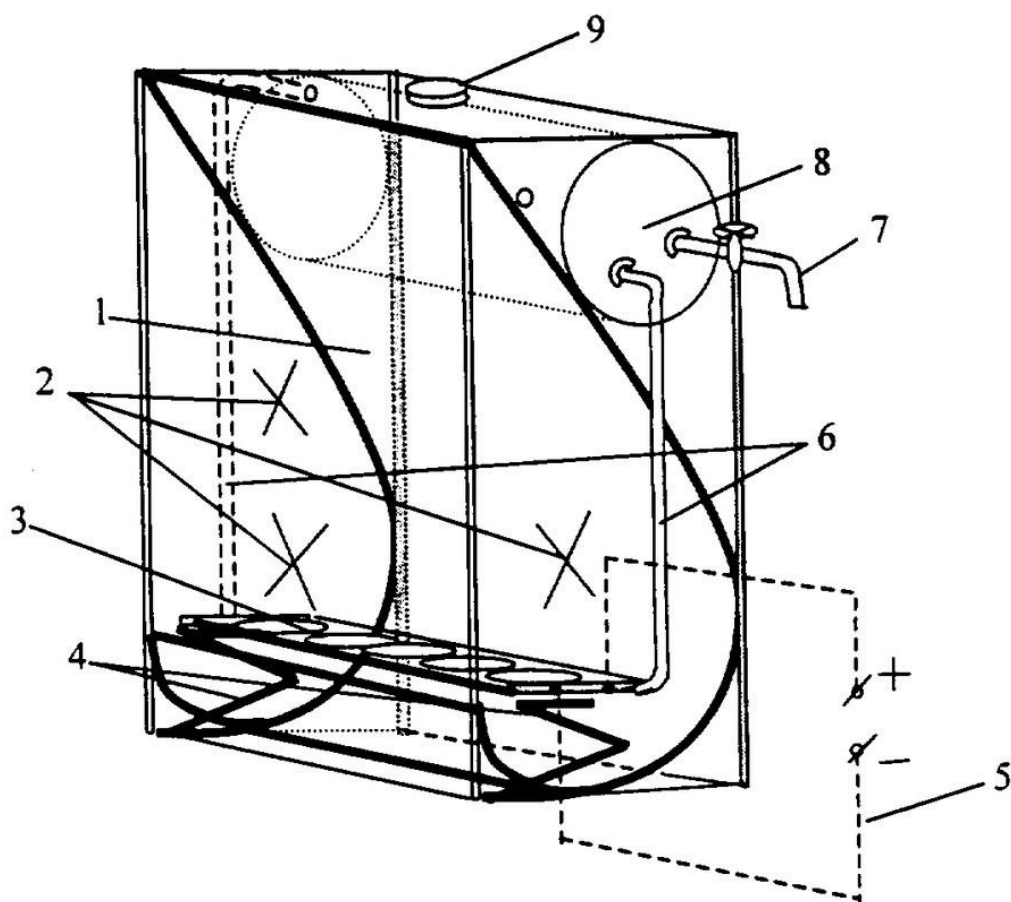


Рисунок 2.14 - Сонячний модуль з концентратором

Сонячний модуль з концентратором працює наступним чином. У бак-акумулятор 8 через заливну горловину 9 заливається холодна вода, яка нагрівається в приймальнику сонячного випромінювання 3, встановленого в фокальній області концентратора і яка за допомогою природної конвекції циркулює в контурі 6 і відбирається споживачем через кран 7. Сонячні елементи встановлені з двох сторін приймача сонячного випромінювання виробляють електричну енергію, яка подається на навантаження по електричному колі 5. Площина міделю і бічні площині сонячного модуля забезпечені захисним скляним покриттям 2.

Технічний результат за другим варіантом з метою підвищення технологічності виготовлення установки, економії матеріалу, зниження ваги і габаритних розмірів сонячного модуля дзеркальний відбивач, циркуляційний контур, бак-акумулятор гарячої води є несучим корпусом тому виготовлені у

вигляді однооб'ємної конструкції з металу або полімерного матеріалу, а одна зі сторін бака є прийомним елементом, що дозволяє збільшити діапазон робочих кутів концентратора.

На рисунку 2.15 сонячний модуль з концентратором містить фотоелектричний приймач сонячного випромінювання 3; комбінований одно-об'ємний модуль - бак - акумулятор 8.

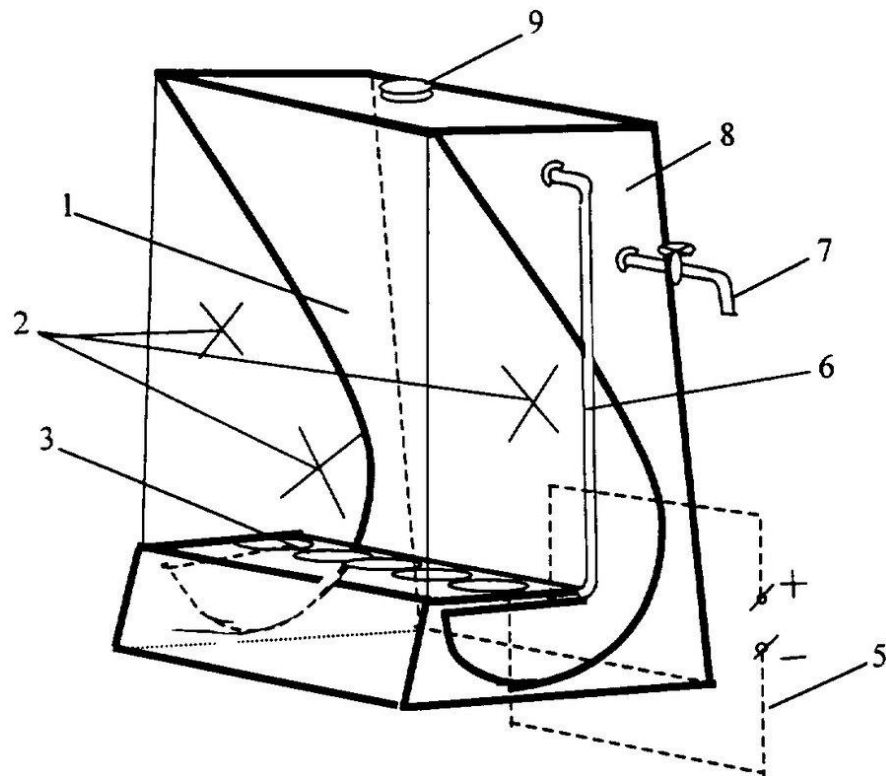


Рисунок 2.15 - Сонячний модуль з концентратором

У варіанті сонячного модуля з концентратором, виконаним у вигляді одно-об'ємної конструкції, холодна вода заливається через горловину 9 і нагрівається в передній нижній частині обсягу модуля в фокальній області концентратора сонячного випромінювання 1, який був водночас і передньою стінкою одно-об'ємної конструкції модуля. Гаряча вода, яка за допомогою природної конвекції циркулює в обсязі, відбирається споживачем через крап 7. У фокальній області концентратора встановлений фотоелектричний приймач сонячного випромінювання 3, призначений для вироблення електричної енергії, яка подається на навантаження по електричному колі 5.

Площина міделю і бічні площині сонячного модуля забезпечені захисним скляним покриттям 2.

2.3 Висновки до розділу

1. Проведено аналіз та запропоновано конструкції сонячних модулів з асиметричними параболо-циліндричними концентраторами.
2. Дані конструкції дозволяють виробляти і використовувати мобільні, компактні, технологічні системи енергопостачання автономних об'єктів, необхідних також для невеликих обсягів споживання енергії в умовах тваринництва і сільськогосподарського виробництва України.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Основні принципи проектування автономного енергоефективного будинку

При проектуванні і будівництві енергоефективного автономного сільського будинку [10] в першу чергу ставиться питання ефективного використання енергоресурсів, що витрачаються на енергопостачання будинку, тобто споживання традиційних видів енергії. Необхідного результату можна досягти шляхом використання наявних в регіоні доступних ресурсів поновлюваних джерел енергії і застосування енергозберігаючих технологій і рішень, обґрунтованих і прийнятних з технічної, економічної, екологічної та соціальної точок зору.

Методологія проектування повинна ґрунтуватися на системному аналізі інфраструктур будинку як єдиної енергетичної системи. Необхідно щоб використовувані в проекті інноваційні рішення були взаємодоповнюючими. Зворотне призведе до втрати енергетичної ефективності. Проектування відповідно до принципів системного аналізу включає в себе наступні етапи:

- побудова математичної моделі тепломасообмінних процесів, які проходять в приміщеннях будинку;
- вибір цільової функції, тобто визначення обмежуючих умов і формулювання завдання в залежності від мети оптимізації (зниження енерговитрат на опалення будинку, зниження настановної потужності устаткування, зниження витрат енергії на кліматизацію в річному циклі і т. д.);

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Кричка В. М			3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Аркуш
Перевірів		Мовчан Л. Т.					36
Консульт.		Мовчан Л. Т.				гр.ЕТс-41, ФПТ, ТНТУ	
Н. Контр.		Вакуленко О. О.					
Зав. каф.		Тарасенко М. Г.					

- вирішення поставленої оптимізаційної задачі.

Відповідно до принципів системного аналізу в процесі проектування необхідно розглянути дві незалежні енергетичні підсистеми:

- кліматичні умови України і місцеві види палива (доступні ресурси відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), застосування яких доцільно для проекту) як джерело енергії;
- будинок як єдина енергетична система з архітектурно-інженерними, теплотехнічними і енергетичними параметрами, властивими будівлям в умовах України.

Методика побудови математичної моделі теплового режиму сільського будинку як єдиної енергетичної системи полягає в поділі даної єдиної енергетичної системи на три взаємопов'язані підсистеми:

- енергетичний вплив клімату України на зовнішні огорожувальні конструкції будинку;
- енергія, накопичена в конструкціях будинку;
- енергія, накопичена і міститься всередині обсягу будинку, тобто в приміщеннях, у внутрішньому повітрі, у внутрішньому обладнанні будинку і т.д.

При необхідності кожна з представлених підсистем може бути розділена на більш дрібні енергетично взаємопов'язані елементи.

Проектування енергоефективного сільського будинку полягає в оптимізації єдиної енергетичної системи будинку в цілому, що складається із зазначених вище енергетично взаємопов'язаних підсистем і будинку в цілому як єдиної енергетичної системи і включає в себе:

- визначення оптимальних взаємозв'язаних між собою конструктивних і енергетичних параметрів окремих елементів будинку з урахуванням їх взаємозв'язку;

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- визначення оптимальних архітектурно-конструктивних, теплотехнічних і енергетичних параметрів будинку як єдиної енергетичної системи.

3.2 Постановка завдань на початковому етапі проектування автономного енергоефективного будинку

При проектуванні необхідно максимально використовувати позитивний і наскільки можливо нейтралізувати негативний вплив клімату України на тепловий баланс будинку. Паралельно проектується система, яка вимагає мінімальних витрат енергії та засобів забезпечення необхідних параметрів температурного режиму в приміщеннях будинку.

У процесі проектування необхідно вирішити наступні архітектурні та інженерні завдання:

1. Вибір місця розташування і орієнтації будинку;
2. Підбір місцевих і найбільш доступних видів матеріалів необхідних для будівництва будинку;
3. Розробка проекту будинку з вигідними для клімату України архітектурними формами і рішеннями, що включає в себе:
 - Вибір площі скління і розташування віконних прорізів будинку;
 - Розробка внутрішнього планування будинку;
 - Розробка схеми організації роботи освітлення.
4. Вибір доступних і доцільних для застосування в проекті енергопостачання автономного сільського будинку ВДЕ в комбінації з традиційними видами палива;
5. Розробка системи енергопостачання автономного сільського будинку на основі відібраних джерел енергії;
6. Вибір системи автоматизованого управління інженерним устаткуванням будинку.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Методика оцінки енергетичного впливу поновлюваних джерел енергії на тепловий баланс будинку

Витрати енергії на кліматизацію внутрішніх приміщень сільського будинку залежать від комплексного впливу на тепловий режим будинку окремих метеорологічних показників. Облік спільних сполучень окремих метеорологічних показників таких як: температура, вологість, швидкість і напрям вітру, сонячної радіації є головною вимогою, що пред'являються до математичної моделі показників зовнішнього клімату.

Існують три методи до побудови математичної моделі:

1. Детермінований;
2. Ймовірнісний;
3. Детерміновано - ймовірнісний [10].

При побудові математичної моделі сукупності показників зовнішнього клімату з використанням імовірнісних методів зміна даних показників є випадковим процесом і в цьому випадку не можна отримати єдиного для всіх місцевостей і конкретних завдань результатів.

Детермінований метод, застосовуваний в даному розрахунку, ґрунтується на застосуванні реального поєднання показників зовнішнього клімату за певний період.

При використанні поновлюваних джерел енергії в системі теплопостачання будинку в тому чи іншому географічному пункті України необхідно визначити значення параметрів клімату, що характеризують його енергетичні можливості, доцільність і ефективність їх застосування в проекті. Основними параметрами зовнішнього клімату в такому випадку є температура (або її похідна - ентальпія) зовнішнього повітря, швидкість вітру і сонячна радіація, які при репрезентативній вибірці вважаються незалежними величинами.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методика оцінки енергетичного впливу ВДЕ при статистичній обробці кліматичних даних наступна:

1. Вибирається період метеорологічних спостережень за певний період.
2. В залежності від виду проекрованої системи і режиму роботи по використанню ВДЕ виробляється відбір метеорологічних даних по необхідному комплексу параметрів:

- дані метеорологічних спостережень діляться на літній, зимовий і перехідний періоди;
- параметри вибираються з найбільш спекотних або холодних днів, п'ятиденок, декад і т.д .;

3. Складаються комплекси спільного прояву кліматичних параметрів, що охоплюють всі показники, які характеризують енергетичну ефективність клімату регіону. Однією зі складових кожного із зазначених комплексів повинна бути температура повітря.

4. Групування метеорологічних даних здійснюється відповідно до чинних нормативних документів і довідників і з урахуванням розрахункових технічних характеристик проектованих систем;

5. В залежності від режиму роботи системи за розрахункове значення температури зовнішнього повітря рекомендується приймати значення:

- для літнього та зимового періодів - екстремальні значення;
- для перехідного періоду - середньомісячні значення;

6. З розрахункових технічних характеристик системи визначаються межі робочого інтервалу;

7. Розглядаючи кожен з комплексів з урахуванням п. 5 і 6, за формулою визначається розрахункове значення середньозваженої величини Y_{cat} по частоті спостережень за умови, що параметр не є обмеженим

$$Y_{cal} = \frac{Y_1 \cdot \Pi_{1,k} + Y_2 \cdot \Pi_{2,k} + \dots + Y_j \cdot \Pi_{j,k} + \dots + Y_m \cdot \Pi_{m,k}}{\Pi_{1,k} + \Pi_{2,k} + \dots + \Pi_{j,k} + \Pi_{m,k}} \quad (3.1)$$

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Y_m - параметр, що описує енергетичні можливості клімату;
 Π_{mk} - частота подій.

8. Коефіцієнт спільної забезпеченості визначається за формулою:

$$K_{rel} X_{cal}, Y_{cal} = 1 - W X_{cal}, Y_{cal} ; \quad (3.2)$$

$$K_{rel} X_{cal}, Y_{cal}, Z_{cal} = K_{rel} X_{cal}, Y_{cal} K_{rel} X_{cal}, Z_{cal} ;$$

де X_{cal} - розрахунковий основний параметр клімату;
 $W X_{cal}, Y_{cal}$ - спільна ймовірність.

При розгляді двовимірного комплексу, що складається з параметрів X і Z , аналогічно отримаємо:

$$K_{rel} X_{cal}, Z_{cal} = 1 - W X_{cal}, Z_{cal} ; \quad (3.3)$$

де Z_{cal} - розрахунковий параметр клімату.

Якщо параметри X , Y , Z попарно незалежні, то спільний коефіцієнт забезпеченості їх розрахункових значень визначається зі співвідношення:

$$K_{rel} X_{cal}, Y_{cal}, Z_{cal} = K_{rel} X_{cal}, Y_{cal} K_{rel} X_{cal}, Z_{cal} ; \quad (3.4)$$

3.4 Визначення оптимальних меж впливу зовнішнього клімату в тепловому балансі будинку

Вплив зовнішнього клімату на огорожувальні конструкції будинку найзручніше характеризувати метеорологічним градієнтом, що враховує напрямок, величину, повторюваність показників зовнішнього клімату і впливає на тепловий баланс приміщень. Ті, хто має різну орієнтацію приміщення будинку значно відрізняються один від одного за величиною теплопоступлений і тепловтрат.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розрахунків узято добові суми прямої сонячної радіації на різноорієнтовані поверхні для шайбільш північної точки України — село Грем'яч Новгород-Сіверського району Чернігівської області (52°20'04" пн. ш. 33°17'19" сх.д).

Дослідження показників впливу сонячної радіації на вертикальні поверхні огорожувальних конструкцій будинків в залежності від їх орієнтації і пори року для 52 ° пн. ш. показало:

- протягом літньої пори року прихід прямої сонячної радіації за добу на вертикальні поверхні південно-східної і південно-західної орієнтації на північних широтах України ця величина досягає в середньому 3225 Вт · добу /м²;

- в зимову пору року найбільші суми прямої сонячної радіації протягом доби надходять па вертикальні поверхні південної орієнтації. Даний показник дорівнює 3257 Вт · добу /м²;

- в літню пору року на північних широтах України найбільше надходження розсіяної сонячної радіації за добу на вертикальні поверхні східної і західної орієнтації дорівнює 1350 Вт · добу /м² і на вертикальні поверхні південної орієнтації - 1254 Вт · добу /м².

Прихід прямої сонячної радіації за добу на вертикальні поверхні в північних широтах України коливається від 3439 Вт · добу /м² до 5537 Вт · добу /м², що в середньому становить 4822 Вт · добу /м².

Результати досліджень розподілу надходження тепла сонячної радіації на вертикальні огорожувальні конструкції будинку відкривають додаткові можливості при проектуванні енергоефективних сільських будинків в кліматичних умовах України.

Швидкість і напрямок вітру паралельно з сонячною радіацією і температурою зовнішнього повітря дуже часто виявляється вирішальним фактором у зміні теплового балансу будинку.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При проектуванні сільського будинку в кліматичних умовах України вирішення задачі ефективного використання позитивного і в тій же мірі нейтралізації негативного впливу зовнішнього клімату на його огорожувальні конструкції в основному полягає у виборі розмірів, форми і орієнтації будинку, а також розташуванні і площі віконних прорізів, вибору теплоізоляції стін, розрахунку систем вентиляції, кондиціонування та опалення його внутрішніх приміщень керуючись узагальненими кліматичними показниками регіону. Для будівництва енергоефективного будинку в певній географічній точці України слід врахувати багаторічний досвід будівництва та метеорологічні дані показників зовнішнього клімату даної місцевості з подальшим якомога ефективнішим застосуванням.

Проаналізувавши результати розподілу тепла сонячної радіації на вертикальній поверхні будинку і дослідження температурної рози вітрів м. Чіти, робимо наступні висновки.

У кліматичних умовах України найдоцільніше розташування будинку в широтній орієнтації. Розташування основних площ застакнованих поверхонь геліоприймачів і теплиці, а також віконних прорізів найвигідніше з південного боку будинку. Схил даху рекомендується проектувати в напрямку також південного і північного боків. Південний схил даху також може повністю бути геліоприймачем з встановленими сонячними системами гарячого водопостачання, опалення на основі концентраторних технологій і системами кондиціонування повітря внутрішніх приміщень будинку. У той же час будинок з розвинутою поверхнею, орієнтованою до панівних в зимовий час північних вітрів, втрачає велику кількість тепла. В силу даних причин розвинутий північний схил даху може служити додатковим і позитивним фактором у регулюванні теплового балансу сільської хати.

Проектування систем вентиляції, кондиціонування та опалення базується на розрахунках теплових і повітряних балансів будинку при кліматичних періодах з найбільш екстремальними умовами, такими як найбільш холодний

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

період зими, опалювальний період, найспекотніший місяць, період охолодження, розрахунковий рік.

3.5 Енергоефективний автономний сільський будинок

В даний час значно збільшилася потреба у використанні відноновлюваних джерел енергії в зв'язку зі значним підвищенням в регіоні тарифів на електроенергію і завданнями щодо захисту рекреаційних і курортних зон України від забруднення. Одним з напрямків вирішення даного питання є створення системи енергопостачання сільськогосподарського об'єкта. Специфіка кліматичних умов України, для якої призначена система, полягає в тому, що основне навантаження на опалення приходить на зимовий період. Виходячи з даної умови, для покриття навантаження теплопостачання будинку в опалювальний період року, потрібні додаткові джерела тепла. У представленій схемі (рис. 4.1) теплопостачання додатковими джерелами тепла є дублюючий водяний котел системи опалення, що працює на твердому органічному паливі (деревне паливо, вугілля), окремі зовнішні огорожувальні конструкції будинку (південний схил даху будинку, який має подвійне покриття і є геліоприймачем) і теплиця, прибудована до південно-східної або південно-західної стіни будинку, які також можуть виконувати функції геліоприймача.

Передбачуване місце розташування типового автономного сільського будинку - шайбільш північна точка України — село Грем'яч Новгород-Сіверського району Чернігівської області (52°20'04" пн. ш. 33°17'19" сх.д). Загальна площа, розрахованого на проживання 4 осіб, будинку 56 м². Стіни виготовлені з соснового або модринового бруса 18х18 см². Система енергопостачання будинку на основі сонячних модулів з асиметричними параболоциліндричними концентраторами повинна забезпечити протягом всього року електроенергією і гарячою водою, а також під час опалювального

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

періоду року знизити навантаження дублюючого джерела тепла на опалення будинку.

Система енергопостачання будинку являє собою сукупність трьох незалежних одна від одної підсистем:

- підсистема на основі сонячних модулів з асиметричними параболоциліндричними концентраторами, що забезпечує автономний будинок електрикою, гарячою водою і частково теплом для опалення будинку;

- підсистема дублера теплопостачання будинку - водяний котел центрального опалення;

- підсистема безпосереднього сонячного опалення будинку (інсоляційний обігрів), заснована на циркуляції теплого повітря з геліоприймачів в приміщенні будинку за допомогою вентилятора.

Частина сонячних модулів з асиметричними параболоциліндричними концентраторами, застосованими в представленій розробці, мають трансформовані відбивачі, тобто мають функції складання, що додає конструкції установки можливість розміщення в віконні блоки будинку або засклені вертикальні поверхні теплиці - геліоприймача, виконуючи в літні місяці одночасно з основними і функції захисного екрану або жалюзі.

Електрична енергія, вироблена сонячними модулями системи енергопостачання, йде на зарядку акумуляторної батареї (АБ). У свою чергу, АБ забезпечує електроенергією циркуляційні насоси з малим енергоспоживанням першого контуру сонячної системи з антифризом і другого контуру з водою, а також водяний насос, який підтримує певний рівень в ємності з холодною водою, з якої здійснюється підживлення контурів системи гарячого водопостачання та опалення будинку. У контурі дублюючої системи опалення здійснюється відбір споживачами необхідної кількості гарячої води. Через акумулятор гарячої води сонячна система енергопостачання з'єднана з дублюючої системою опалення.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система повітропроводів, яка з'єднує теплицю - геліоприймача з внутрішніми приміщеннями будинку, працює за допомогою природної конвекції. Подача повітря, що нагрівається з південного схилу даху-геліоприймача будинку з подвійним покриттям здійснюється за допомогою повітряного вентилятора, вбудованого в повітропровід. Представлені геліоприйомники з'єднані між собою і приміщеннями будинку системою повітропроводів.

Система має дублююче джерело тепла - водяний котел, що працює на твердому органічному паливі (деревне паливо, вугілля), встановлений в домашній печі або котельні і з'єднаний з сонячною системою енергопостачання через акумулятор гарячої води. Потужність котла здатна повністю перекрити розрахункове теплове навантаження для забезпечення розрахункової температури внутрішнього повітря в опалювальних приміщеннях і розрахункове навантаження постачання мешканців будинку гарячою водою в періоди слабкої інсоляції і при низьких температурах зовнішнього повітря.

Система класифікується як цілорічна, з дублерами нагріву води, з комбінованою системою тепло- і енергопостачання, двоконтурна з рідинним (антифриз) первинним теплоносієм, з примусовою циркуляцією теплоносія за допомогою насосів, з цілорічним акумулюванням тепла і енергії.

3.6 Оцінка енергоспоживання типового автономного сільського будинку в умовах України

3.6.1 Теплові навантаження і розрахункове теплоспоживання

3.6.1.1 Розрахунок теплового навантаження на опалення

Об'єкт - автономний сільський будинок, розрахований на проживання 4 осіб і розташований в Україні. Загальна опалювальна площа 56 м² з висотою приміщень - 3,0 м. Найбільш поширений в регіоні будівельний матеріал з якого виготовлені зовнішні огорожувальні конструкції більшості віддалених

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автономних об'єктів - сосна або модрина, що пояснюється доступністю і технологічністю даного матеріалу, ціною складовою витрат при будівництві будинку, а також усталеними багаторічними місцевими традиціями.

Теплова енергія, необхідна на опалення житлового будинку для кожного місяця Q_0 розраховується за формулою:

$$Q_0 = q_0 \cdot V_{\partial} \cdot t_n - t_{zn} \cdot a \cdot 10^{-3}; \quad (3.6)$$

де $V_{\partial} = 56 \text{ м}^2 \times 3,0 \text{ м} = 168 \text{ м}^3$ – об'єм житлового будинку, м^3 ;

q_0 - питома опалювальна характеристика житлових споруд;

t_n - необхідна температура повітря в приміщенні; $t_n = 18^\circ \text{C}$;

t_{zn} - температура зовнішнього повітря в даний місяць опалювального сезону;

a - коефіцієнт, що розраховується за формулою:

$$a = 0,54 + (22 / (t_n - t_{zn})); \quad (3.7)$$

Питома теплова характеристика, яка приймається для об'єму будинку 100 -200 м^3 , $q_0 = 0,86 - 0,965 \text{ Вт} / (\text{м}^3 \cdot \text{К})$. Для будинку з $V_{\partial} = 168 \text{ м}^3$, $q_0 = 0,9 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$, але при поліпшенні теплоізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій та встановленні віконних блоків зі склопакетами, розглянуту величину приймемо рівну $q_0 = 0,55 \text{ Вт} / (\text{м}^3 \cdot \text{К})$.

Опалювальний сезон триває з середини жовтня по квітень включно. Розрахуємо теплове навантаження житлового будинку за цей період. Для цього необхідно знати середні місячні температури зовнішнього повітря t_{zn} в ці місяці. Середня розрахункова температура повітря по місяцях опалювального періоду року в с. Грем'яч приймається рівною $t_{zn} = -12,64^\circ \text{C}$ [12] представлена в таблиці 3.1.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 - Середня температура повітря по місяцях опалювального періоду року в с. Грем'яч

Місяць	X	XI	XI	I	II	III	IV	V
Температура,	-1,5	-14,8	-24,3	-21,7	-23,2	-12	0,3	8,4

Розрахунок опалювального навантаження по місяцях опалювального періоду року проводиться відповідно до формул 3.6 і 3.7:

1) в квітні-травні закінчується опалювальний період в середині місяця і відповідно враховується половина необхідного місячного теплового навантаження:

$$a = 0,54 + 22/(18 - 8,4) = 2,83$$

$$Q_{\text{осіч}} = 0,55 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{K}) \cdot 168 \text{ м}^3 \cdot (18 - 8,4) \text{ K} \cdot 2,83 \cdot 10^{-3} = 2,51/2 = 1,25 \text{ кВт}$$

2) в жовтні:

$$a = 0,54 + 22/(18 - (-1,5)) = 1,67$$

$$Q_{\text{ожов}} = 0,55 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{K}) \cdot 168 \text{ м}^3 \cdot (18 - (-1,5)) \text{ K} \cdot 1,67 \cdot 10^{-3} = 3,0 \text{ кВт}$$

3) в листопаді:

$$a = 0,54 + 22/(18 - (-14,8)) = 1,21$$

$$Q_{\text{оліст}} = 0,55 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{K}) \cdot 168 \text{ м}^3 \cdot (18 - (-14,8)) \text{ K} \cdot 1,21 \cdot 10^{-3} = 3,67 \text{ кВт}$$

4) в грудні:

$$a = 0,54 + 22/(18 - (-24,3)) = 1,06$$

$$Q_{\text{огру}} = 0,55 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{K}) \cdot 168 \text{ м}^3 \cdot (18 - (-24,3)) \text{ K} \cdot 1,06 \cdot 10^{-3} = 4,14 \text{ кВт}$$

5) в січні:

$$a = 0,54 + 22/(18 - (-27,7)) = 1,02$$

$$Q_{\text{осіч}} = 0,55 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{K}) \cdot 168 \text{ м}^3 \cdot (18 - (-27,7)) \text{ K} \cdot 1,02 \cdot 10^{-3} = 4,31 \text{ кВт}$$

6) в лютому:

$$a = 0,54 - 22/(18 - (-23,2)) = 1,07$$

$$Q_{\text{олют}} = 0,55 \text{ Вт}/(\text{м}^3\text{К}) \cdot 168 \text{ м}^3 \cdot (18 - (-23,2)) \text{ К} \cdot 1,07 \cdot 10^{-3} = 4,07 \text{ кВт}$$

7) в березні:

$$a = 0,54 + 22/(18 - (-12)) = 1,27$$

$$Q_{\text{обер}} = 0,55 \text{ Вт}/(\text{м}^3\text{К}) \cdot 168 \text{ м}^3 \cdot (18 - (-12)) \text{ К} \cdot 1,27 \cdot 10^{-3} = 3,52 \text{ кВт}$$

8) в квітні:

$$a = 0,54 + 22/(18 - 0,3) = 1,78$$

$$Q_{\text{осіч}} = 0,55 \text{ Вт}/(\text{м}^3\text{К}) \cdot 168 \text{ м}^3 \cdot (18 - 0,3) \text{ К} \cdot 1,78 \cdot 10^{-3} = 2,91 \text{ кВт}$$

3.6.1.2 Розрахунок теплового навантаження на гаряче водопостачання

Постачання житлового будинку гарячою водою здійснюється цілий рік. Для житлових будинків квартирному типу з умивальниками, мийками, душовими норма споживання води з температурою 65 ° С на одну людину на добу становить 85-100 л /добу. [11]. При витраті 85 л/добу норма витрат теплоти та нагрів даної кількості води до необхідної температури становить 21,38 МДж /добу. На чотирьох осіб на добу потрібно 85 л /добу. · 4 = 340 л /добу.

Витрата теплоти Q, а при цьому

$$21,38 \text{ МДж} / \text{добу} \cdot A = 85,52 \text{ МДж} / \text{добу}.$$

$$85,52 \text{ МДж} / \text{добу} = 85,52 \cdot 10^3 \text{ кДж} / \text{добу} / (24 \text{ год} / \text{добу} \cdot 3600 \text{ с} / \text{год}) = 0,99 \text{ кВт}.$$

Кількість тепла, необхідного для забезпечення теплового навантаження на гаряче водопостачання і опалення автономного сільського будинку представлено в таблиці 3.2.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 - Сумарне теплоспоживання автономного сільського будинку

№	Місяць	Опалення, $Q_{оп}$			Гаряче водопостачання, $Q_{гв}$			Загальне теплоспоживання, $Q_{гс}$		
		кВт	кВт·год	ГДж	кВт	кВт·год	ГДж	кВт	кВт·год	ГДж
V	Травень	1,25	903,6	3,25	1,0	653,3	2,35	2,25	1556,9	5,6
VI	Червень	-	-	-	1,0	211,3	0,76	1,0	211,3	0,76
VII	Липень	-	-	-	1,0	216,8	0,78	1,0	216,8	0,78
VIII	Серпень	-	-	-	1,0	216,8	0,78	1,0	216,8	0,78
IX	Вересень	-	-	-	1,0	181	0,65	1,0	181	0,65
X	Жовтень	3,0	2232	8,04	1,0	745	2,68	4,0	2977	10,72
XI	Листопад	3,67	2642	9,51	1,0	701	2,52	4,67	3343	12,03
XII	грудень	4,14	3080	11,09	1,0	514,3	1,85	4,14	3594,3	12,94
I	Січень	4,31	3207	11,5	1,0	658,9	2,37	5,31	3866	13,92
II	Лютий	4,07	2735	9,85	1,0	567	2,04	5,07	3302	11,89
III	Березень	3,52	2619	9,43	1,0	701	2,52	4,52	3320	11,95
IV	Квітень	2,91	2095	7,54	1,0	703,3	2,53	3,91	2798	10,07
Рік		2,24	19514	70,21	1,0	6069,7	21,83	3,15	25583	92,1

3.6.1.3 Розрахунок коефіцієнта заміщення

Розрахунок коефіцієнта заміщення системи, тобто відношення кількості тепла, що виробляється сонячними модулями з асиметричними параболоциліндричними концентраторами, до необхідного теплового навантаження автономного сільського будинку забезпечується дублюючим джерелом тепла і виробляються за допомогою виразу [12]:

$$K_z = Q_{cm} / Q_{mc} \quad (3.8)$$

Результати розрахунку коефіцієнта заміщення системи по місяцях опалювального періоду року і середнього за рік представлені в таблиці 4.3.

Надлишкове тепло, яке модержується в літні місяці року, можна використовувати для підігріву великого обсягу води, необхідної для різних господарських, виробничих і технологічних потреб, наявних в даний час в будь-якому фермерському і селянському господарстві в достатній кількості.

Необхідно врахувати, що в процес опалення будинку в перехідні періоди року включається і відведення тепла від геліоприйомників (південний схил даху і теплиця, прибудована до південно-східного або до південно-західного фасаду будинку), безпосередньо у внутрішні приміщення розглянутого будинку.

Кількість зекономленого за рахунок використання сонячної енергії тонн умовного палива за рік B розраховується за формулою [11]:

$$B = (0,0342 \cdot Q_{cm}) / \eta_z, \text{ т.у.п./год} \quad (3.9)$$

де Q_{cm} - сумарна кількість тепла, виробленого сонячною установкою, ГДж/рік; $Q_{cm} \sim 17,9$ ГДж / рік (табл. 3.3);

$\eta_z \sim$ ККД заміщає традиційне джерело енергії, в даному випадку тверде органічне паливо, рівне 0,4.

$$B = (0,0342 \cdot 17,9) / 0,4 = 1,53 \text{ т.у.п. / рік.}$$

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 - Коефіцієнт заміщення, що забезпечується сонячною системою теплопостачання

№	Місяць	Загальне теплоспоживання, $Q_{тс}$			Кількість тепла, яка виробляється сонячними модулями, $Q_{см}$			Коефіцієнт заміщення, К
		кВт	кВт·год	ГДж	кВт	кВт·год	ГДж	
V	Травень	2,25	1556,9	5,6	3,55	660	2,4	0,42
VI	Червень	1,0	211,3	0,76	3,63	654	2,35	3,1
VII	Липень	1,0	216,8	0,78	2,44	529	1,9	2,44
VII	Серпень	1,0	216,8	0,78	2,13	463	1,67	2,14
IX	Вересень	1,0	181	0,65	2,13	383	1,4	2,12
X	Жовтень	4,0	2977	10,72	2,17	403	1,45	0,14
XI	Листопад	4,67	3343	12,03	1,46	220	0,8	0,07
XII	грудень	4,14	3594,3	12,94	1,31	162	0,6	0,06
I	Січень	5,31	3866	13,92	1,69	210	0,76	0,05
II	Лютий	5,07	3302	11,89	2,46	344	1,24	0,1
III	Березень	4,52	3320	11,95	3,22	499	1,8	0,15
IV	Квітень	3,91	2798	10,07	2,49	449	1,62	0,16
Рік		3,15	25583	92,1	2,4	4968	17,9	0,17

3.6.2 Основні категорії систем енергопостачання автономних споживачів на основі поновлюваних джерел енергії

На початковому етапі розглядається споживання енергії автономного сільського будинку відповідно до виду навантажень (опалення, гаряче водопостачання, приготування їжі, кондиціонування, електропобутові прилади, зовнішнє і внутрішнє освітлення, технологічні цілі, машини і обладнання).

Категорії автономних систем енергопостачання на базі поновлюваних джерел енергії за ступенем надійності енергозабезпечення споживачів представлені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Категорії надійності забезпечення електроенергією споживачів

Nn/p	Категорії	Ступінь надійності, %
I	I	0,95-0,99
2	II	0,85-0,95
3	III	0,7-0,85

Системи третьої категорії використовують малопотужні установки на основі ВДЕ з акумулюванням енергії в акумуляторних батареях (АБ) невеликої ємності. Ці системи використовуються для енергопостачання невеликих об'єктів із сезонною експлуатацією. Для таких систем основні навантаження - освітлення, найпростіші побутові електроприлади, при експлуатації яких допускаються великі перерви в роботі.

При використанні систем другої категорії надійність енергопостачання збільшується, так як використовуються більш потужні установки на основі ВДЕ і АБ більшої місткості. Така система дозволяє використовувати частину виробленої енергії на роботу телевізора, водяного насоса та інші енергоємні господарські потреби.

У системах першої категорії надійності електропостачання застосовують резервну бензогенераторную електростанцію, яка автоматично вмикається при недостатній завантаженості системи на основі ВДЕ, і коли розряд АБ (підвищеної ємності) досягає 30 %. Такі системи використовуються для електропостачання більших енергоспоживачів, таких як польові стани, фермерські господарства і т.д .

Ефективність використання даних систем електропостачання залежить від потужності споживачів енергії і співвідношення добового приходу і витрати енергії.

3.6.3 Електричні навантаження і розрахункове електроспоживання

Вивчення електроспоживання в сільській місцевості України показало, що для будинку розміром 7 x 8 м², розрахованого на проживання 4 осіб, необхідно 1 - 2 МВт · год / рік, а сумарна встановлена потужність побутового електрообладнання рідко перевищує 1,5 - 2 кВт.

Останнім часом стали більш доступними різні види побутової електронної техніки і електроприладів в сільській місцевості України. В даний час в кожному будинку є електричне освітлення і майже в кожному селянському господарстві є різні електроінструменти потужністю до 1 кВт (рубанок, пила, дріль). При роботі таких енергоємних електроінструментів необхідно або відключити решту навантаження, або включити бензогенератор. Потужність бензогенератора не брали до уваги при складанні графіка навантаження.

Виходячи з досвіду економічно розвинених країн, збільшення кількості побутових електроприладів в домашньому господарстві не призводить до помітного зростання загального енергоспоживання. Такий стан пояснюється появою в даний час різноманітних енергозберігаючих електроприладів, таких

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

як люмінесцентні лампи зі світловіддачею, яка у багато разів перевищує світловіддачу звичайних ламп розжарювання відповідної потужності. Напівпровідникові та інтегральні схеми в кілька разів зменшили електроспоживання сучасних телевізорів, магнітофонів, радіоприймачів та іншої побутової електроніки. Пральні машини в силу використання ультразвукових коливань стали на кілька порядків менш енергоємні. Також в кілька разів зменшилося електроспоживання сучасних холодильників. Значно збільшився ККД сучасних електродвигунів, які застосовуються в побутових електроінструментах і обладнанні. Виділимо основних споживачів електроенергії в сільському будинку (табл. 3.5) і діаграми (рис. 3.2 і рис. 3.3).

Таблиця 3.5 - Основні споживачі електроенергії в сільському будинку

№	Споживачі	Кількість, шт	Потужність, яка споживається, Вт
1	Електрична лампа для освітлення	6	54
2	Телевізор	1	60
3	Холодильник	1	150
4	Радіо, магнітофон	1	10
5	Водяний насос	1	180
6	Циркуляційний насос	3	90
7	УЗ - пральна машинка	1	5
Всього			549

Електричні навантаження і сезонна зміна енергоспоживання сільського будинку приймаються з умов України. Розрахункове значення споживання електроенергії сільським будинком (табл. 3.6) в теплу пору і в холодну пору року (табл. 3.7).

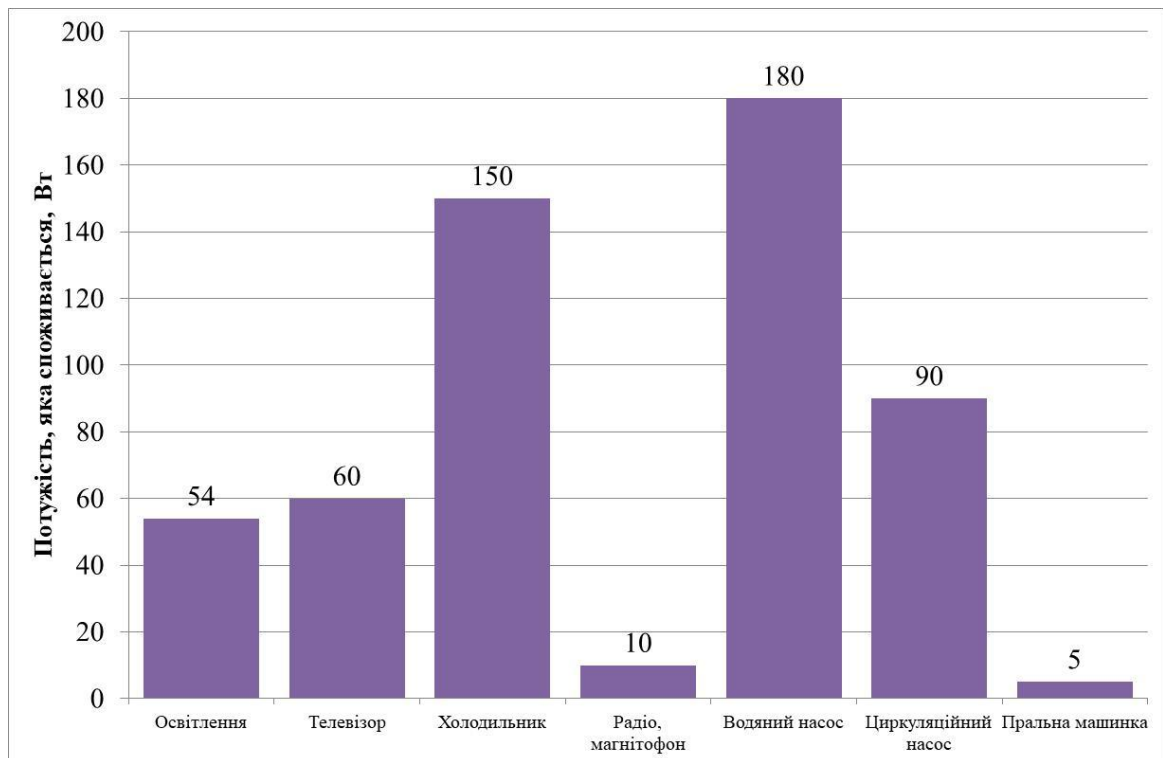


Рисунок 3.2 - Діаграма основних споживачів електроенергії в сільському будинку

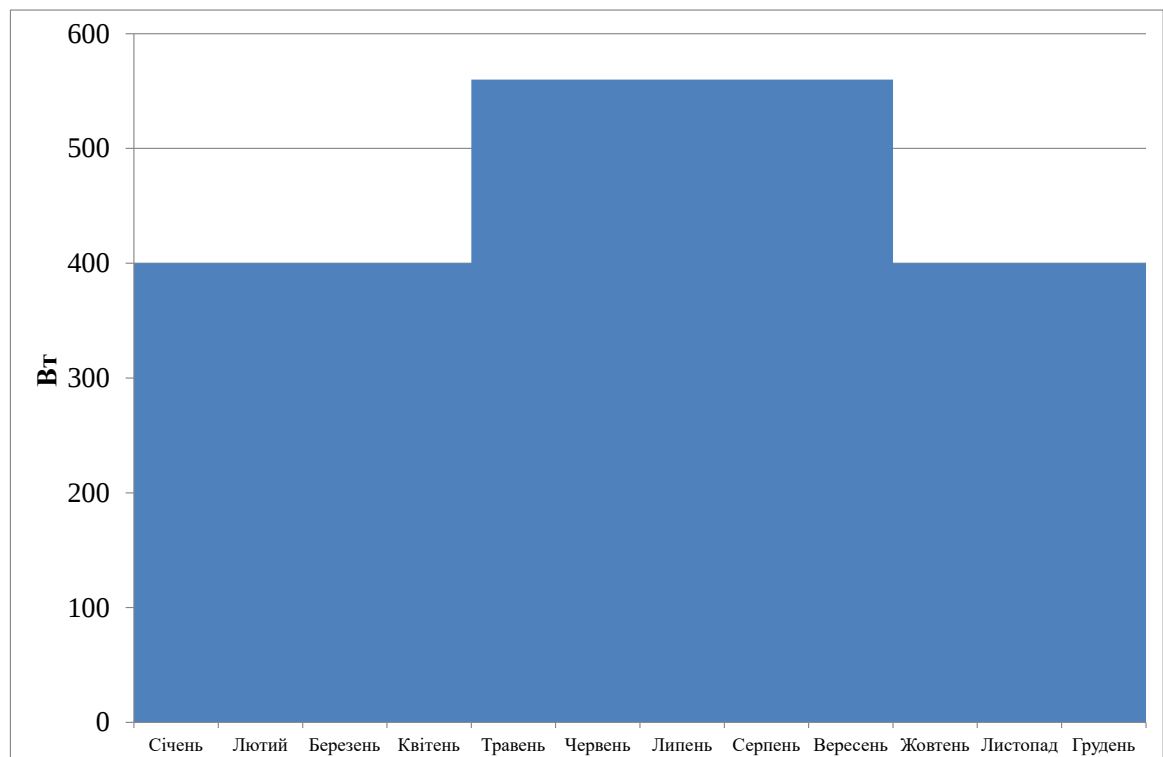


Рисунок 3.3 – Діаграма загальної енергоємності побутових електроприладів у холодну та теплу пору року

Таблиця 3.6 - Споживання електроенергії за одну добу в теплу пору року

№ п/п	Навантаження	Кількість, шт	Встановлена потужність, Вт	Робочі години, доба/год	Витрата електроенергії, Вт год/ доба
1	Освітлення (люмінесцентні лампи): кухня; їдальня; спальня; передпокій; Всього на освітлення	2 2	9 9 9 9	2х2 2х2 1х0,5 1х0,5	36 36 4,5 4,5 81
2	Холодильник, об'єм 300 л;		170	1х12	2040
3	Телевізор		30	1х3	90
4	Насос водяний		180	1х1	180
5	Насос циркуляційний		30	1х10	300
6	Радіо, магнітофон		10	1х2	20
7	УЗ-пральна машинка		5	1х1	5
Всього					2716

Величина P^{max} - максимальна потужність, споживана протягом не менше 0,5 години, визначається з умови:

$$P^{max} = K_o \cdot K_e \cdot P \quad (3.10)$$

де K_o - коефіцієнт одночасності роботи електроприймачів;

K_e - коефіцієнт завантаження електроприймачів.

Приймаємо $K_o = 0,75$; $K_e = 1$.

З цього слідує, що $P_n^{max} = 0,75 \cdot 1 \cdot 1,0 = 0,757$ кВт.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 - Споживання електроенергії за одну добу в холодну пору року

№ п/п	Навантаження	Кількість, шт	Встановлена потужність, Вт	Робочі години, доба/год	Витрата електроенергії, Вт год/ доба
1	Освітлення (люмінесцентні лампи):	2	9	2x5	90
	кухня;	2	9	2x4	72
	їдальня;		9	1x1	9
	спальня;		9	1x1	9
	передпокій;				
	Всього на освітлення				180
2	Телевізор		30	1x3	90
3	Насос водяний		180	1x1	180
4	Насос циркуляційний	3	90	1x6	540
5	Радіо, магнітофон		10	1x2	20
6	УЗ-пральна машинка		5	1x1	5
Всього					1015

Так, без урахування роботи холодильника в січні використовується 15 % річного обсягу споживання електроенергії, а влітку в липні - 2,8 %. Споживання електричної енергії холодильником, яке може бути прийнято рівномірним, вирівнює сезонну нерівномірність споживання електроенергії сільським будинком. Залежно від пори року кількість споживаної електроенергії змінюється, в основному за рахунок скорочення витрат електроенергії на освітлення в літню пору. Також необхідно відзначити кліматичні особливості регіону пов'язані з тим, що в Україні восени, з жовтня до початку зимових холодів і після закінчення зими до середини квітня морозна погода і в цілях економії електроенергії протягом даного періоду року можна відключити холодильник (рис. 3.4). Обчислимо значення електроспоживання сільського будинку за рік:

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{розр} = 2716 \cdot 30,5 \cdot 4,5 + 1015 \cdot 30,5 \cdot 7,5 \approx 604,95 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}. \quad (3.11)$$

Так як в розрахунку могли бути невраховані які-небудь з навантажень, приймаємо $W_{розр} \approx 610 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}$.

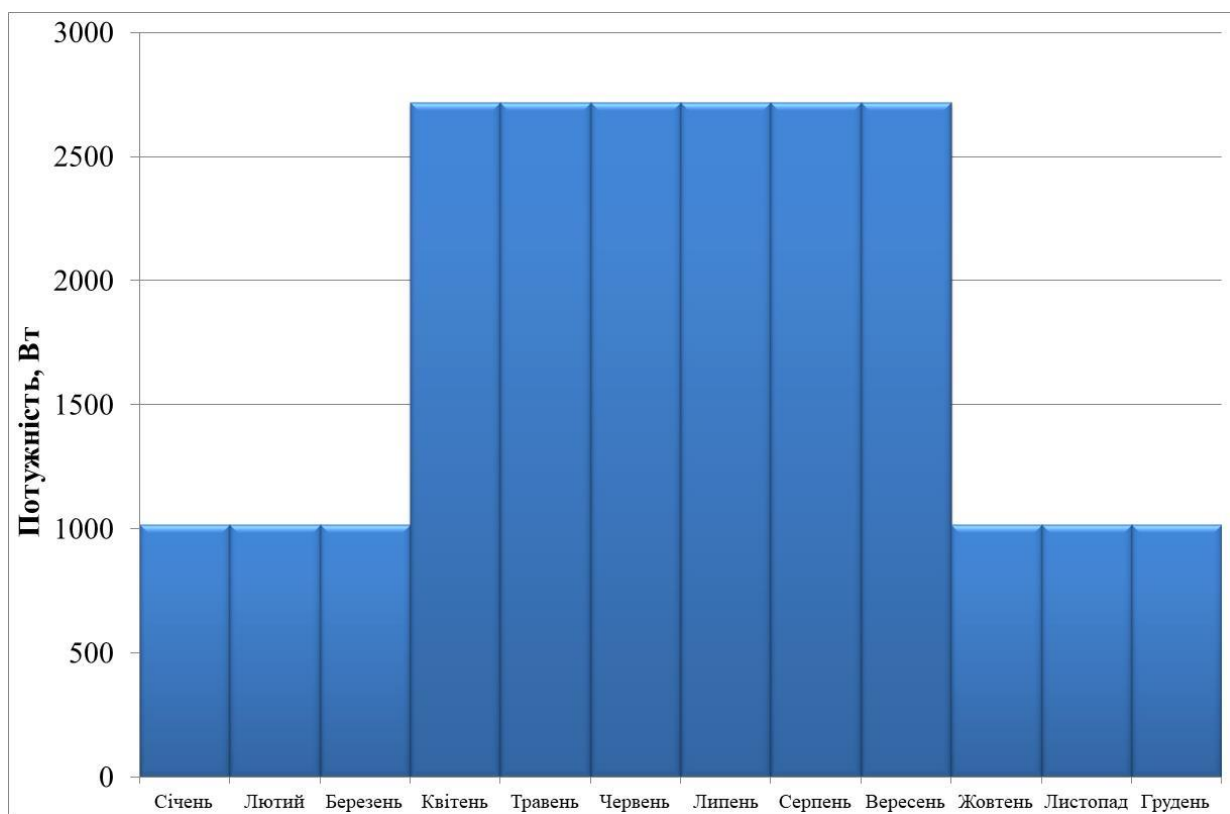


Рисунок 3.4 - Діаграма загального електроспоживання в сільському будинку в зимову і літню пору року

Розрахункове сезонне електроспоживання сільського будинку, розташованого в Забайкаллі приведено в таблиці 4.8. і представлено на рисунку 4.5.

Таблиця 3.8 - Сезонне споживання електрики сільським будинком

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Рік
Споживання, кВт/ год	31	31	31	41	57	83	83	83	67	41	31	31	610

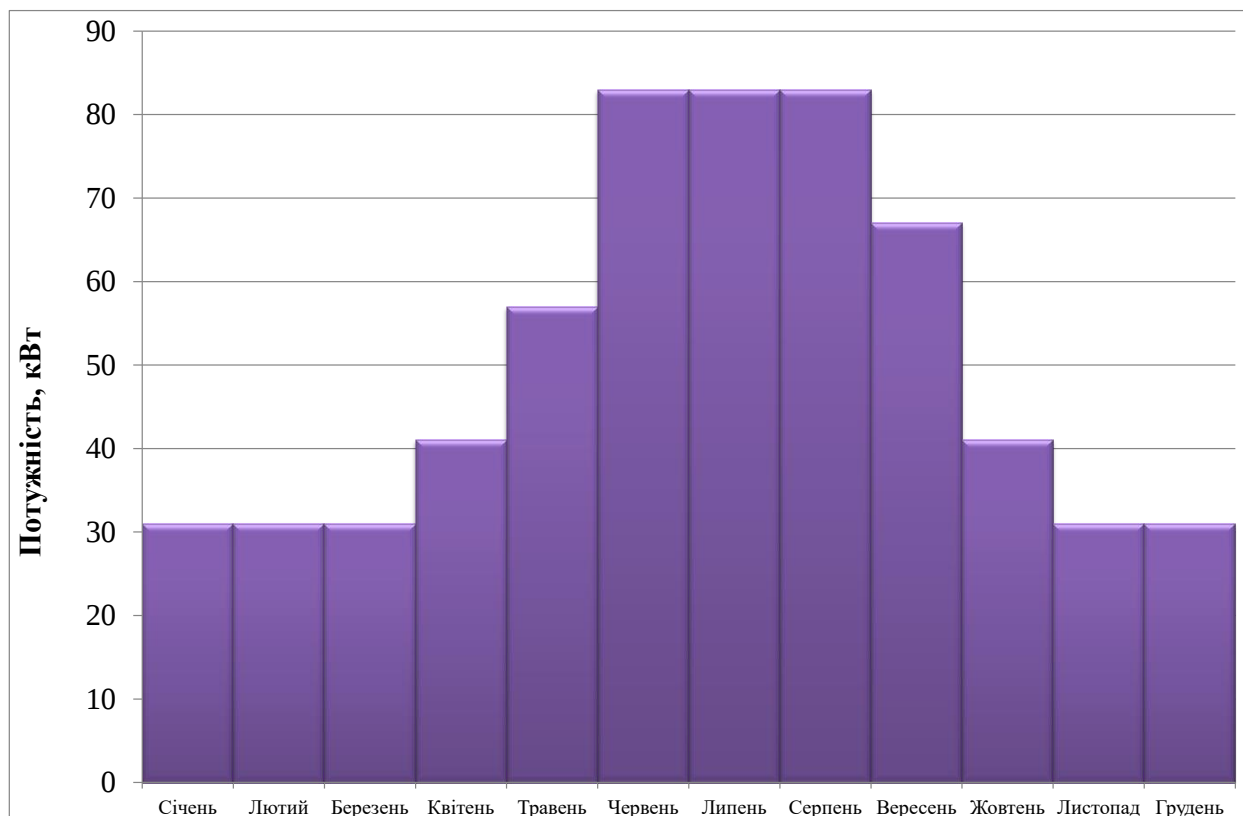


Рисунок 3.5 - Діаграма сезонного споживання електроенергії сільським будинком

Проведені раніше з цього питання дослідження показують, що річне споживання електроенергії сільським будинком без використання енергозберігаючих приладів, коливається від 1,0 до 4,0 МВт · год.

3.7 Висновки до розділу

1. Розроблено рекомендації з проектування та оптимізації теплового балансу автономних об'єктів України для підвищення ефективності застосування систем енергопостачання на основі комплексного використання сонячної енергії та традиційних видів палива.

2. Проведений аналіз і розрахунок річного енергоспоживання типового для України автономного сільського будинку з опалювальним об'ємом $V_{\partial} = 168$

м³, що має поліпшену теплоізоляцію зовнішніх огорожувальних конструкцій і віконні блоки зі склопакетами. Розглянутий будинок розрахований на проживання 4 осіб і обладнаний найбільш необхідним і поширеним складом побутових електроприладів і електрообладнання. Розрахунок показав, що споживання тепла опалення склало 19,5 МВт · год / рік, гарячого водопостачання 6,07 МВт · год / рік. Річне споживання тепла будинком становить 25,6 МВт · год / рік. Споживання електроенергії в теплому пору року в межах 2,7 кВт · год / добу, в холодну пору, при відключеному холодильнику - 1,0 кВт · год / добу. Річне споживання електроенергії досягає 610 кВт · год / рік.

3. Виконаний розрахунок теплоспоживання типового для України автономного сільського будинку показав, що система енергопостачання що складається з 10-ти сонячних модулів з асиметричними параболоціліндричними концентраторами забезпечує коефіцієнт заміщення системи, рівний $K_z = 0,17$, і за опалювальний період року скорочує витрату твердого палива на 1,53 т.у.п. за рахунок теплоти, що відводиться від фотоперетворювачів сонячного модуля.

4. З результатів розрахунків представлених в даній роботі випливає, що, встановивши систему енергопостачання на основі використання сонячної енергії та, використовуючи енергозберігаючі побутові електроприлади, сільський житель може отримати досить комфортний рівень життя.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ

4.1 Основні вимоги безпеки до улаштування та експлуатації технологічного обладнання

Загальні вимоги безпеки до конструкції виробничого обладнання встановлені ДНАОП.

Безпека виробничого обладнання забезпечується [13]:

- при проектуванні - дотриманням принципів технологічності і ергономічності конструкції, застосуванням раціональних кінематичних схем, принципу безперервності процесу, дистанційного або автоматичного управління, забезпеченням запобіжними та захисними системами;
- при виготовленні - застосуванням сучасних технологій машинобудування, дотриманням передбачених допусків та посадок;
- при збірці та монтажі - точним дотриманням технології;
- при експлуатації - своєчасним обслуговуванням та профілактичними оглядами, дотриманням експлуатації, тощо.

Виробниче обладнання має бути пожежо- і вибухобезпечним. Воно не повинно створювати небезпеки в результаті дії вологості, сонячної радіації, механічних коливань, високих і низьких тисків і температур, агресивних речовин і мікроорганізмів.

Важливою умовою безпечної експлуатації обладнання є дотримання вимог санітарних норм і правил, галузевих стандартів і правил техніки безпеки щодо розмірів виробничих приміщень, галерей і тунелів, мінімальної висоти до низу виступаючих будівельних конструкцій, ширини проходів.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Кричка В. М			4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ	Літ.	Аркуш
Перевірів		Мовчан Л. Т.					62
Консульт.		Гурик О.Я.				єр.ЕТс-41, ФПТ, ТНТУ	
Н. Контр.		Вакуленко О.О.					
Зав каф.		Тарасенко М.Г.					

Рухомі частини обладнання, що є джерелом небезпеки, повинні бути огорожені, за виключенням частин, огороження яких не допускається за їх функціональним призначенням. У цих випадках передбачається сигналізація, що попереджує про пуск машин в роботу, засоби зупинки і відключення джерел енергії. При наявності машин значної довжини (наприклад, транспортерів) засоби зупинки повинні розміщуватись не рідше як через кожні 10 м їх довжини.

Елементи конструкцій виробничого обладнання не повинні мати гострих кутів, кромek і поверхонь з нерівностями, що становлять собою джерело небезпеки, якщо їх наявність не визначається функціональним призначенням обладнання.

Конструкція обладнання повинна виключати можливість випадкового дотику працюючих до гарячих і переохолоджених частин. Виділення і поглинання обладнанням тепла, а також виділення їм вологи у виробничих приміщеннях не повинно перевищувати гранично допустимі! рівні (концентрації) в межах робочої зони.

4.2 Фізичні основи електробезпеки

Величина струму, що проходить через тіло людини при її попаданні під напругу, в найбільшій мірі визначає тяжкість ураження. Для розробки технічних і організаційно-технічних заходів і засобів профілактики електротравм важливо знати, від яких конструктивних особливостей електроустановок, їх робочих параметрів і стану залежить можлива величина струму через людину при потраплянні під напругу. Крім того, важливо, щоб весь електротехнічний персонал, усі працівники, робота яких пов'язана з експлуатацією електроустановок, чітко розуміли, чим обумовлена, що є причиною тієї чи іншої вимоги з електробезпеки. Таке знання, розуміння вимог чинних нормативів з електробезпеки сприятиме дотриманню їх

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

працівниками, і якраз розуміння цих вимог відрізняє працівників п'ятої групи з електробезпеки від четвертої, і є обов'язковою складовою їх професійної підготовки з питань безпеки [13].

У реальній електричній мережі (повітряній чи кабельній) опір ізоляції проводів відносно землі розподіляється по всій довжині мережі — опорні, підвісні, натяжні ізолятори, ізоляція кабелю. Чим більша протяжність мережі, тим більше ізоляторів, які працюють паралельно, і менший загальний опір ізоляції проводів відносно землі. Необхідний опір ізоляції регламентується чинними нормативами. На практиці ізоляція струмопроводів виконується з реальних діелектриків, питомий опір яких не дорівнює нескінченності. Внаслідок старіння ізоляції, її частого зволоження, забруднення, нагріву, дії агресивного середовища тощо, питомий опір ізоляції знижується. Тому кожна ділянка довжини проводу має опір ізоляції певного значення або провідність, яка відрізняється від нуля, а при роботі реальної мережі мають місце постійні втрати струму (виток струму) через ізоляцію і землю. Таким чином, незважаючи на наявність ізоляції, струмопроводи електромережі електрично зв'язані між собою і землею провідниками (ізоляцію) з великим опором.

Відповідно до зазначеного вище, кожна ділянка довжини проводу електромережі, що знаходиться під напругою, крім опору ізоляції має певну ємність відносно землі. Тому при дотиці людини до неізольованої струмовідної частини (проводу тощо) функціонуючої електромережі струм через людину обумовлюється величиною напруги дотику і ємністю зазначеної вище системи. Ємнісна складова струму через людину при потраплянні під напругу в розгалужених мережах може досягати небезпечних для людини значень. Тому навіть при відключенні мережі від джерела живлення для ремонтно-профілактичних робіт тощо, необхідно заземлити кожен провід переносним заземленням і тільки після цього та перевірки відсутності напруги допускати персонал до роботи.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Причини електротравм, напруга кроку

Як і при інших видах травм, при електротравмах виділяють технічні, організаційно-технічні, організаційні і організаційно-соціальні їх причини [13].

До технічних причин належать: недосконалість конструкції електроустановки і засобів захисту, допущені недоліки при виготовленні, монтажі і ремонті електроустановки.

До основних організаційних причин електротравм належать:

- відсутність (непризначення наказом) на підприємстві особи, відповідальної за електрогосподарство або невідповідність кваліфікації цієї особи чинним вимогам;
- недостатня укомплектованість електротехнічної служби працівниками відповідної кваліфікації;
- відсутність на підприємстві посадових інструкцій для електротехнічного персоналу та інструкцій із безпечного обслуговування та експлуатації електроустановок;
- недостатня підготовленість персоналу з питань електробезпеки, несвоєчасна перевірка знань, невідповідність групи з електробезпеки персоналу характеру робіт, що виконуються;
- недотримання вимог щодо безпечного виконання робіт в електроустановках за нарядами-допусками, розпорядженнями та в порядку поточної експлуатації;
- неефективний нагляд, відомчий і громадський контроль за дотриманням вимог безпеки при виконанні робіт в електроустановках та їх експлуатації.

До основних організаційно-соціальних причин електротравм належать: змушене виконання не за спеціальністю електробезпечних робіт; негативне ставлення до виконуваної роботи, обумовлене соціальними чинниками;

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залучення працівників до понадурочних робіт; порушення виробничої дисципліни; залучення до роботи осіб віком до 18 років.

При переміщенні людини в зоні розтікання струму в землі її ноги будуть торкатися ділянок землі з різними потенціалами, а на людину буде діяти напруга, яка визначається різницею цих потенціалів і відома під назвою *напруга кроку* - різниця потенціалів між двома точками на поверхні землі в зоні розтікання струму, які знаходяться на відстані кроку (0,8 м) одна від одної. З наближенням до місця замикання на землю величина напруги кроку буде зростати, і вона може досягти небезпечних для людини значень вже при напрузі електроустановок 0.4 кВ, а в сиру погоду та за зволоженого ґрунту і при меншій напрузі. Тому Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів при наявності замикання на землю забороняють наближатися до місця замикання ближче 8 м поза приміщенням і 4 м в приміщенні без застосування засобів захисту - діелектричні боти, галоші, суха дошка, сухе гумове взуття тощо.

У цілому, заходи захисту людини від дії напруги кроку зводяться до розірвання мережі струму через людину по петлі "нога-нога", або різкого збільшення опору в цій петлі за рахунок використання різних підручних засобів. За необхідності невідкладного входу в зону небезпечних напруг кроку для надання допомоги потерпілим і т.ін. і відсутності під рукою засобів захисту, доцільно переміщуватися в цій зоні обережно, пересуваючи ступні по землі так, щоб вони постійно торкались одна другої.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз та запропоновано конструкції сонячних модулів з асиметричними параболо-циліндричними концентраторами.
2. Проведений аналіз і розрахунок річного енергоспоживання типового для України автономного сільського будинку з опалювальним об'ємом $V_{\partial} = 168 \text{ м}^3$, що має поліпшену теплоізоляцію зовнішніх огорожувальних конструкцій і віконні блоки зі склопакетами. Розрахунок показав, що споживання тепла опалення склало $19,5 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік}$, гарячого водопостачання $6,07 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік}$. Річне споживання тепла будинком становить $25,6 \text{ МВт} \cdot \text{год/рік}$. Споживання електроенергії в теплу пору року в межах $2,7 \text{ кВт} \cdot \text{год/добу}$, в холодну пору, при відключеному холодильнику - $1,0 \text{ кВт} \cdot \text{год/добу}$. Річне споживання електроенергії досягає $610 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$.
3. Встановлено, що система енергопостачання що складається з 10-ти сонячних модулів запропонованої конструкції з асиметричними параболоциліндричними концентраторами забезпечує коефіцієнт заміщення системи, рівний $K_z = 0,17$, і за опалювальний період року скорочує витрату твердого палива на $1,53 \text{ т.у.п.}$ за рахунок теплоти, що відводиться від фотоперетворювачів сонячного модуля.
4. Запропонована комбінована система енергопостачання на основі сонячних модулів з асиметричними параболо-циліндричними концентраторами, що має в складі дублюючий водяний котел на твердому паливі і резервний бензогенератор може забезпечити стійке енергопостачання автономного сільського будинку.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Кричка В. М			ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ		
Перевірів		Мовчан Л. Т.					
Консульт.		Мовчан Л. Т.					
Н. Контр.		Вакуленко О. О.					
Зав каф.		Тарасенко М. Г.					
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						67	
					гр.ЕТс-41, ФПТ, ТНТУ		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Фоихт Д. Гетеропереходы и переходы металлопроводников. - Мир, - М.: - 1975. С. 142 – 165.
2. Колтун М.М, Солнечные элементы. - Москва: Наука. 1987.
3. Лидоренко Н.С., Евдокимов В.М., Стребков Д.С. Развитие фотоэлектрической энергетики// Энерготехн. Пром. Серия 22. Источники тока: Обзор информации. 1988. Вып. 11.-С. 1 – 52.
4. Алферов Ж.И., Андреев В.М., Задирагюв Ю.М. и др. Пути использования солнечной энергии// Тезисы докладов конференции ИХФ АН СССР, -Черноголовка:-1981.-С. 10 – 11.
5. Колтун М.М. Оптика и метрология солнечных элементов. - Москва: Наука, 1985. – 280 с.
6. Арбузов Ю.Д., Евдокимов В.М. Принципы и перспективы фотоэлектрического преобразования энергии концентрированного солнечного излучения// Гелиотехника.- 1993. -№ 1.-С. 3 – 12
7. Prince M.R. Silicon solar energy converters// J. Appl. Phys, 1955, v. 26, U 4, p. 534 – 540.
8. Колтун М.М., Полисан А.А., Шуров К.А, и др. Солнечные элементы и батареи/ Итоги науки и техники. Т. 9. - Москва: ВИНТИ. 1989.
9. Савченко И.Г., Смирнова А.Н., Тариижевский Б,В. О температурном режиме фотоэлектрических генераторов с концентраторами солнечного излучения при воздушном охлаждении// Гелиотехника. - 1968. - № А. - С. 19 – 25.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		
Розробив		Кричка В. М					
Перевірів		Мовчан Л.Т.					
Консульт.		Мовчан Л.Т.					
Н. Контр.		Вакуленко О.О.					
Зав каф.		Тарасенко М.Г.					
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						68	
					гр.ЕТс-41, ФПТ, ТНТУ		

10. Табунщиков Ю.Л., Бородач ММ Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. - Москва: «АВОК - ПРЕСС», 2002. - 194 с.
11. Амерханов Р.А., Драганов Б.Х. Проектирование систем теплоснабжения в сельском хозяйстве. - Краснодарский край: - 2001. - 268 с.
12. Лвезов Р.Р. Методика расчета и сопоставления эффективности различных систем солнечного отопления// Гелиотехника. - 1987. - № 4. - С. 45 - 49.
13. В. Ц. Жидецкий, В. С. Джигирей, О. В. Мельников. Основи охорони праці. — Вид. 2-е, стереотипне. — Львів: Афіша, 2000. — 348 с.
14. Купчик М.П., Гандзюк М.П., Степанец І Ф, Вендичанський В.Н., Литвиненко А.М., Іваненко. О. В. Основи охорони праці. - К.: Основа, 2000. - 416 с.

					КРБ 19-030.00.00.000ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		